



TUGAS AKHIR - RE 141581

**PEMETAAN PERSEBARAN PENCEMAR
KONSERVATIF DARI AKTIVITAS LALU LINTAS
PERKOTAAN DI WILAYAH SURABAYA
SELATAN MENGGUNAKAN MODEL GAUSS
TERMODIFIKASI**

MAULIDA ILMI FIRRIZQY
03211440000001

Dosen Pembimbing
Dr. Abdu Fadli Assomadi, S.Si., MT.

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



TUGAS AKHIR - RE 141581

**PEMETAAN PERSEBARAN PENCEMAR
KONSERVATIF DARI AKTIVITAS LALU LINTAS
PERKOTAAN DI WILAYAH SURABAYA
SELATAN MENGGUNAKAN MODEL GAUSS
TERMODIFIKASI**

MAULIDA ILMI FIRRIZQY

03211440000001

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Abdu Fadli Assomadi, S.Si., MT.

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2018



FINAL PROJECT - RE 141581

**DISPERSION MAPPING OF CONSERVATIVE
POLLUTANT FROM URBAN TRAFFIC ACTIVITY
IN SOUTH SURABAYA USING MODIFIED
GAUSSIAN MODEL**

MAULIDA ILMI FIRRIZQY

03211440000001

SUPERVISOR

Dr. Abdu Fadli Assomadi, S.Si., MT.

DEPARTEMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING

Faculty of Civil, Environmental, and Geo Engineering

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2018

LEMBAR PENGESAHAN

PEMETAAN PERSEBARAN PENCEMAR KONSERVATIF DARI AKTIVITAS LALU LINTAS PERKOTAAN DI WILAYAH SURABAYA SELATAN MENGGUNAKAN MODEL GAUSS TERMODIFIKASI

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

MAULIDA ILMI FIRRIZQY
NRP. 03211440000001

Disetujui Oleh Pembimbing Tugas Akhir:



Dr. Abdu Fadli Assomadi, S.Si, MT
NIP. 19751018 200501 1 003



PEMETAAN PERSEBARAN PENCEMAR KONSERVATIF DARI AKTIVITAS LALU LINTAS PERKOTAAN DI WILAYAH SURABAYA SELATAN MENGGUNAKAN MODEL GAUSS TERMODIFIKASI

Nama Mahasiswa : Maulida Ilmi Firrizqy
NRP : 03211440000001
Departemen : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Dr. Abdu Fadli Assomadi, S.Si., MT.

ABSTRAK

Surabaya Selatan merupakan daerah dengan perkembangan pesat pada sektor transportasi. Dimana kawasan tersebut merupakan daerah penghubung antara Kota Surabaya dengan daerah disekitarnya. Hal ini berdampak pada peningkatan jumlah gas buang kendaraan bermotor. Salah satu pencemar dari kendaraan bermotor adalah SO_2 yang dihasilkan dari hasil pembakaran bahan bakar yang memiliki kandungan sulfur tinggi. Kondisi ini dapat berakibat buruk pada lingkungan serta kesehatan sehingga diperlukan upaya pengelolaan yang tepat. Selama ini data kualitas udara Kota Surabaya dapat diperoleh melalui stasiun pemantau. Ketersediaan data ini nampaknya belum mencukupi untuk menggambarkan kualitas udara Kota Surabaya secara menyeluruh. Kota Surabaya hanya memiliki 7 stasiun pemantau dimana hanya 3 yang aktif. Model dispersi pencemar udara merupakan cara yang efektif dalam memberikan gambaran terkait sumber dan persebaran pencemar dan melengkapi data-data yang diperlukan dalam pengelolaan kualitas udara.

Model dispersi pencemar udara diestimasi menggunakan pendekatan model distribusi Gauss dari sumber garis majemuk. Tahapan pertama adalah indentifikasi sumber pencemar dari aktivitas transportasi didasarkan berdasarkan data seri *traffic volume*. Selanjutnya menghitung beban emisi *line source* dengan pendekatan faktor emisi konsumsi bahan bakar berdasarkan data *traffic volume*. Data lain yang diperlukan adalah kondisi meteorologi yang digunakan sebagai inputan model dan dianalisis dari data BMKG dan data lokal SUF. Data ini diolah untuk mendapatkan gambaran rata-rata kecepatan arah angin dari periode musim kemarau dan musim penghujan, menghasilkan

windrose. Setelah terbentuknya model dilakukan verifikasi dengan data sekunder hasil *monitoring* di wilayah studi. Model dispersi dikatakan baik jika memiliki korelasi dengan data pengukuran bernilai 0,572 dan memiliki nilai RMSE sebesar 14,2. Selanjutnya membuat kontur dispersi untuk memberikan gambaran informasi mengenai nilai konsentrasi pada area penelitian. Perhitungan dan aplikasi model dispersi dilakukan dengan piranti lunak WR Plot, Microsoft Excel dan Matlab R2013a.

Hasil penelitian menunjukkan model terbangun pada musim kemarau memiliki hasil yang signifikan dengan nilai RMSE = 29,718 dan nilai korelasi = 0,379, sedangkan pada musim hujan nilai RMSE = 274,511 dan nilai korelasi = 0,410. Pola persebaran pencemar yang melebihi baku mutu SO₂ untuk jalan tol yaitu 526-585 m, jalan arteri primer yaitu 423-439 m, jalan arteri sekunder 361-369 m dan jalan kolektor primer yaitu 320-358 m.

Kata kunci: Emisi, Line Source, Model Gauss, SO₂, SUF

DISPERSION MAPPING OF CONSERVATIVE POLLUTANT FROM URBAN TRAFFIC ACTIVITY IN SOUTH SURABAYA USING MODIFIED GAUSSIAN MODEL

Name of Student : Maulida Ilmi Firrizqy
NRP : 03211440000001
Study Programme : Environmental Engineering
Supervisor : Dr. Abdu Fadli Assomadi, S.Si., MT.

ABSTRACT

South Surabaya is one of the fastest growing regions in the transportation sector. This area is connecting Surabaya with the surrounding area. This also affects in the increasing amount of vehicle exhaust gas. One of the pollutants of a motor vehicle is SO_2 produced from the combustion of fuel that has a high sulfur content. This condition can be bad for the environment and health so that proper management effort is required. So far, the air quality data of Surabaya can be obtained through monitoring station. The availability of this data seems insufficient to describe the air quality of Surabaya the whole. Surabaya had 7 monitoring stations, where only 3 of them are active. The air pollutant dispersion model is an effective way to provide an overview of the source and distribution of pollutants and complementing the data needed for air quality management.

Air pollution dispersion model were estimated by using the Gauss distribution model approach from a compound line source. Development of dispersion model had 4 stages. The first step was to identify the pollutant source from transportation activity based on traffic volume data. Furthermore, calculate the emission load of line source with the approach of emission factor of fuel consumption based on traffic volume data. Other data required were meteorological conditions used as model input and analyzed data from BMKG and local data SUF. This data was processed to obtain an average illustration of wind speed from the dry and rainy season which resulted windrose. After formation of the model, verification with secondary data of monitoring result in the research area was conducted. The dispersion model would be stated good if it has correlation with the measurement data of 0,572 and has a RMSE of 14,2 based on US EPA. The next step was creating dispersion

contours to provide an overview of the value of concentrations in the study area. All the measurement and application of air dispersion model were done using WR Plot, Microsoft Excel and Matlab.

The result of model in dry season has significant result with value of RMSE = 29,718 and correlation = 0,379, in rainy season with value of RMSE = 274,511 and correlation = 0,410. Distribution of pollutant exceeding SO₂ air quality standard for highway is 526-585 m, primary artery is 423-439 m, secondary artery is 361-369 m, and primary collector is 320-358 m.

Keywords: Emission, Line Source, Gaussian Model, SO₂, SUF

KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat, taufiq serta hidayah-Nya sehingga tugas akhir ini dapat berjalan dengan lancar. Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi syarat penulis menyelesaikan pendidikan sarjana di Departemen Teknik Lingkungan ITS.

Dalam kesempatan ini, penyusun menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Abdu Fadli Assomadi, S.Si., M.T. selaku dosen pembimbing dalam Tugas Akhir saya. Saya mengucapkan terimakasih atas segala ilmu dan bimbingan yang telah diberikan.
2. Bapak Dr. Ir. Agus Slamet, M.Sc., Bapak Dr. Ir. Irwan Bagyo Santoso, Bapak Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, M.T., dan Bapak Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, S.T., MEPM., selaku dosen pengarah. Saya mengucapkan terimakasih atas segala saran serta masukan yang diberikan kepada penyusun.
3. Bapak Prof. Ir. Wahyono Hadi, M. Sc., Ph. D. selaku dosen wali yang telah memberikan nasehat dan motivasi selama masa perkuliahan.
4. Orang tua penulis, Bapak Muhammad Munif dan Ibu Sri Darwasih yang telah memberikan dukungan moral, spiritual serta selalu memberikan doa demi kelancaran penulis dalam mengerjakan tugas akhir.
5. Rekan mahasiswa Laboratorium Pengendalian Pencemaran Udara dan Perubahan Iklim.

Penyusunan Laporan Tugas Akhir ini telah diupayakan sebaik-baiknya, namun masih banyak kekurangan yang harus diperbaiki. Untuk itu penyusun mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna hasil yang lebih baik.

Surabaya, Juli 2018

Penyusun

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan	4
1.4 Ruang Lingkup.....	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Gambaran Umum Wilayah Studi	7
2.2 Pencemar Udara.....	8
2.2.1 Sumber Pencemar Udara	9
2.3 Karakteristik Pencemar dan Dampak Pencemaran Udara	9
2.3.1 Sifat Sulfur Dioksida	9
2.3.2 Sumber Polusi Sulfur Dioksida	10
2.3.3 Reaksi Pembentukan Sulfur Dioksida	10
2.3.4 Reaksi Pembakaran Bahan Bakar	12
2.3.5 Baku Mutu Sulfur Dioksida	13
2.3.6 Dampak Pencemaran Udara	14
2.4 Indeks Standar Pencemar Udara	17
2.5 Sistem Jaringan Jalan	18
2.6 Model Dispersi Pencemar Udara.....	20
2.6.1 Perhitungan Beban Emisi	20
2.6.2 Pendekatan Kecepatan Kendaraan.....	23
2.6.3 Transformasi Koordinat	26
2.6.4 Faktor Difusi.....	27
2.6.5 Pendekatan Model Distribusi Pencemar di Perkotaan	28
2.6.6 Verifikasi Model	29
2.6.7 Faktor Kalibrasi Model	31
2.6.8 Metode Overlay	31

2.7	Pengolahan Data	32
2.8	WRPLOT View.....	33
2.9	MATLAB	34
BAB 3	METODOLOGI PENELITIAN	37
3.1	Gambaran Umum	37
3.2	Prosedur Penelitian	38
3.2.1	Studi Literatur	41
3.2.2	Tahap Pengumpulan Data.....	41
3.2.3	Pengumpulan Data Sekunder	41
3.3	Pembuatan Model Dispersi	42
3.4	Pembuatan Kontur Dispersi.....	48
3.5	Analisa Data dan Pembahasan	49
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	51
4.1	Kondisi Lalu Lintas.....	51
4.2	Kondisi Kualitas Udara	54
4.3	Analisis Data Meteorologi.....	55
4.3.1	Kondisi Meteorologi Kota Surabaya	55
4.3.2	Kondisi Meteorologi Lokal.....	58
4.4	Pengolahan Data Sekunder	61
4.4.1	Pengolahan Data Lalu Lintas	61
4.4.2	Pengolahan Data SUF untuk Verifikasi Model	61
4.5	Perhitungan Beban Emisi	65
4.5.1	Penentuan Panjang Jalan	65
4.5.2	Perhitungan Koreksi Emisi Gas Buang Berdasarkan Kecepatan Rata-rata Kendaraan	67
4.5.3	Perhitungan Beban Emisi	68
4.6	Pembuatan Model Line Source dengan Program <i>Matlab</i>	72
4.6.1	Mengidentifikasi Bidang Wilayah Studi.....	73
4.6.2	Mengidentifikasi Data Teknis untuk Pemodelan ..	74
4.6.3	Membuat Transformasi Koordinat Kartesius	75
4.6.4	Membuat <i>Script</i> Model Dispersi Sesuai Persamaan	76
4.6.5	Membuat Plot Kontur Pola Dispersi dan Mengatur Tampilan	76
4.7	Aplikasi Model untuk Pola Dispersi Pencemar.....	78
4.7.1	Data Pembanding yang Digunakan untuk Verifikasi Model Terbangun.....	78

4.7.2	Data Pendukung untuk Perhitungan Emisi, Dispersi dan Pengaturan Batasan Model	79
4.8	Verifikasi Model Terbangun	81
4.8.1	Verifikasi dengan Teori Dispersi	81
4.8.2	Verifikasi Nilai Simpangan dan Korelasi Model dengan Data Pengukuran	85
4.9	Analisis Perubahan Kualitas Udara Ambien pada Aktivitas Lalu Lintas	94
4.10	Hasil Analisis Perubahan Kualitas Udara Ambien	97
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	109
5.1	Kesimpulan	109
5.2	Saran	109
DAFTAR	PUSTAKA	111
LAMPIRAN 1	.....	117
LAMPIRAN 2	.....	131
LAMPIRAN 3	.....	135
LAMPIRAN 4	.....	137
LAMPIRAN 5	.....	139
LAMPIRAN 6	.....	153
LAMPIRAN 7	.....	161
LAMPIRAN 8	.....	167
LAMPIRAN 9	.....	175
BIODATA	PENULIS	183

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Rata-rata Kondisi Meteorologis Kota Surabaya Tahun 2012-2015	7
Tabel 2. 2 Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenisnya Tahun 2015.....	7
Tabel 2. 3 Baku Mutu Udara Ambien Nasional Parameter SO ₂ ..	14
Tabel 2. 4 Konsentrasi Maksimum SO ₂ dengan Waktu	15
Tabel 2.5 Angka dan Kategori Indeks Standar Pencemaran Udara	17
Tabel 2.6 Batas ISPU untuk Sulfur Dioksida	17
Tabel 2.7 Keterangan Kategori ISPU untuk Sulfur Dioksida	18
Tabel 2. 8 Faktor Emisi Gas Buang Kendaraan untuk Kota Metropolitan dan Kota Besar di Indonesia Berdasarkan Kategori Kendaraan	21
Tabel 2. 9 Faktor Emisi Gas Buang Kendaraan untuk Kota Metropolitan dan Kota Besar di Indonesia Berdasarkan Sub-Kategori dalam Kategori Mobil	21
Tabel 2. 10 Nilai Faktor Koreksi Emisi Berdasarkan Kecepatan Rata-rata Kendaraan.....	23
Tabel 2. 11 Tingkat Pelayanan Berdasarkan Derajat Kejenuhan	24
Tabel 3. 1 Jenis Data, Durasi Data dan Sumber Data	42
Tabel 3. 2 Skenario Model Dispersi.....	43
Tabel 3. 3 Skenario Kecepatan Angin berdasarkan Skala Beaufort	44
Tabel 3. 4 Parameter yang Digunakan dalam Model	46
Tabel 4. 1 Kecepatan Angin Lokal Tahun 2017	58
Tabel 4. 2 Arah Angin Lokal Tahun 2017	59
Tabel 4. 3 Ruas Jalan yang Digunakan dalam Wilayah Studi	61
Tabel 4. 4 Hasil Perhitungan Panjang Jalan	66
Tabel 4. 5 Faktor Harian Pola Beban Emisi Surabaya Selatan ..	69
Tabel 4. 6 Faktor Mingguan Pola Beban Emisi Kota Surabaya ..	70
Tabel 4. 7 Ruas Jalan yang Tidak di Survey di Wilayah Surabaya Selatan	71
Tabel 4. 8 Inputan Hasil Monitoring untuk Verifikasi Model	78
Tabel 4. 9 Parameter dalam Estimasi Dispersi	79
Tabel 4. 10 Parameter Dominan dalam Estimasi Dispersi Model.	79

Tabel 4. 11 Penentuan Koordinat dan Batas Wilayah 80

Tabel 4. 12 Beban Emisi dan Koordinat Jalan 80

Tabel 4. 13 Rentang Skala Beaufort yang Dipilih..... 94

Tabel 4. 14 Skenario Arah dan Kecepatan Angin 95

Tabel 4. 15 Estimasi Konsentrasi pada Skenario..... 97

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Pola Perubahan Konsumsi Bahan Bakar dengan Variasi Kecepatan Rata-rata Kendaraan	22
Gambar 2. 2 Hubungan Kecepatan Kendaraan dan Derajat Kejenuhan pada Tipe Jalan 2/2TT	25
Gambar 2. 3 Hubungan Kecepatan Kendaraan dan Derajat Kejenuhan pada Tipe Jalan 4/2T, 6/2T	25
Gambar 2. 4 Sistem Koordinat Kartesius dan Kedudukan Line Source (J) dan Penerima (P)	26
Gambar 2. 5 Skema difusi pencemar secara vertikal (Dz)	27
Gambar 3. 1 Lokasi dan Radius Jangkauan SUF-7	37
Gambar 3. 2 Jalan Raya Lokasi Penelitian	38
Gambar 3. 3 Diagram Alir Penelitian	40
Gambar 3. 4 Pola Distribusi Kecepatan dan Arah Angin di SUF 7 Kebonsari	43
Gambar 3. 5 Contoh Pola Sebaran Dispersi pada Variasi Grid ..	49
Gambar 4. 1 Tren Volume Lalu Lintas Harian Surabaya Selatan	51
Gambar 4. 2 Volume LHR Jalan Ahmad Yani	52
Gambar 4. 3 Volume LHR Jalan Mastrip	52
Gambar 4. 4 Derajat Kejenuhan tiap Jalan	53
Gambar 4. 5 Tren Pencemar SO ₂ Tiap Bulan pada Tahun 2017	54
Gambar 4. 6 Pola Curah Hujan Kota Surabaya Tahun 2017	56
Gambar 4. 7 Pola Distribusi dan Kecepatan Angin pada Musim Kemarau Data BMKG	57
Gambar 4. 8 Pola Distribusi dan Kecepatan Angin pada Musim Hujan Data BMKG	57
Gambar 4. 9 Pola Distribusi dan Kecepatan Angin pada Musim Kemarau pada SUF 7	60
Gambar 4. 10 Pola Distribusi dan Kecepatan Angin pada Musim Hujan pada SUF 7	60
Gambar 4. 11 Standar Deviasi pada Data Musim Kemarau	63
Gambar 4. 12 Standar Deviasi pada Data Musim Hujan	64
Gambar 4. 13 Rekapitulasi Beban Emisi	71
Gambar 4. 14 Gambar Peta yang Telah di Sesuaikan dengan <i>Figure</i> MATLAB	74

Gambar 4. 15 Tampilan Kontur Dispersi Pencemar Dua Garis ..	77
Gambar 4. 16 Tampilan Kontur Dispersi Kecepatan Angin Rendah.....	82
Gambar 4. 17 Tampilan Kontur Dispersi Kecepatan Angin Tinggi	82
Gambar 4. 18 Tampilan Kontur Dispersi Arah Angin Menuju SUF tanpa Sumber Pencemar	83
Gambar 4. 19 Tampilan Kontur Dispersi Arah Angin Menuju SUF dengan Sumber Pencemar	84
Gambar 4. 20 Tampilan Kontur Dispersi dengan Beban Emisi Jalan Hasil Survey	85
Gambar 4. 21 Hasil Plot Model dengan Pengukuran serta Nilai Simpangan dan Korelasi dengan Beban Emisi Jalan Hasil Survey	86
Gambar 4. 22 Tampilan Kontur Dispersi dengan Beban Emisi dengan Penambahan Jalan	87
Gambar 4. 23 Hasil Plot Model dengan Pengukuran serta Nilai Simpangan dan Korelasi dengan Beban Emisi Penambahan Jumlah Jalan	88
Gambar 4. 24 Tampilan Kontur Dispersi pada Pemodelan Musim Hujan	90
Gambar 4. 25 Hasil Plot Model dengan Pengukuran serta Nilai Simpangan dan Korelasi pada Pemodelan Musim Hujan	91
Gambar 4. 26 <i>Overlay</i> Skenario pada Musim Kemarau.....	100
Gambar 4. 27 <i>Overlay</i> Skenario pada Musim Hujan.....	101
Gambar 4. 28 Pengukuran Persebaran Pencemar pada Musim Kemarau.....	103
Gambar 4. 29 Pengukuran Persebaran Pencemar pada Musim Hujan	104
Gambar 4. 30 Pengukuran Persebaran Tiap Tipe Jalan pada Musim Kemarau	106
Gambar 4. 31 Pengukuran Persebaran Tiap Tipe Jalan pada Musim Hujan	107

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Surabaya sebagai ibukota Provinsi Jawa Timur merupakan pusat dari berbagai macam kegiatan, termasuk kegiatan ekonomi. Perkembangan perekonomian di Surabaya mengakibatkan meningkatnya jumlah kendaraan, baik kendaraan pribadi maupun kendaraan niaga yang menyebabkan kompleksnya jenis kendaraan (Wicaksana, 2015). Volume lalu lintas Kota Surabaya sedikitnya 70.000 kendaraan bermotor per hari dari segala jenis kendaraan (Dishub Surabaya, 2014). Penggunaan bahan bakar minyak yang dipergunakan sebagai penggerak bagi kendaraan, sistem ventilasi mesin dan yang utama adalah buangan dari knalpot hasil pembakaran bahan bakar yang merupakan pencampuran ratusan gas dan aerosol menjadi penyebab utama keluarnya berbagai pencemar (Akhadi, 2009).

Hal tersebut mempengaruhi Indeks Pencemar Udara (IPU) Kota Surabaya tahun 2014 sebesar 84,49. IPU sendiri memiliki prosentase 30% dari perhitungan Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH), IKLH Kota Surabaya tahun 2014 sebesar 56,91, termasuk dalam katagori kurang (Dinas Lingkungan Hidup Kota Surabaya, 2015). IKLH memiliki skala 0-100, semakin jauh dari angka 100 mengindikasikan harus semakin besar upaya perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup yang dilakukan. IKLH Kota Surabaya masih jauh dari target kualitas lingkungan hidup sesuai RPJMN 2015-2019 yaitu 66,5-68,5 (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2015).

Pemerintah Kota Surabaya tidak tinggal diam menyikapi permasalahan tersebut dengan membuat program Ruang Terbuka Hijau di area kepadatan lalu lintas tertinggi seperti Kebun Bibit Bratang dan Taman Prestasi. Selain itu diselenggarakannya program *Car Free Day* (CFD) di hari minggu untuk mereduksi emisi yang ditimbulkan kendaraan di daerah tersebut (Boediningsih, 2011).

Salah satu wilayah Kota Surabaya dengan kandungan pencemar tertinggi yang perlu mendapatkan perhatian adalah

Surabaya Selatan, dikarenakan wilayah tersebut merupakan daerah penghubung antara Kota Surabaya dengan daerah disekitarnya (Wicaksana, 2015). Berdasarkan Rencana Tata Ruang Wilayah Surabaya Selatan tahun 2014-2034, wilayah tersebut diperuntukkan untuk pemukiman, perdagangan dan fasilitas umum. Wilayah ini terdapat beberapa jalan penting yaitu Jalan Ahmad Yani, Jalan Mastrip dan Jalan Wonokromo. Selain itu kawasan ini juga dilintasi oleh Jalan Tol Surabaya-Gempol.

Polutan penyebab terjadinya pencemaran udara terdiri dari polutan primer yang mencakup 90% dari jumlah polutan udara seluruhnya. Polutan ini lebih dikenal sebagai polutan konservatif, polutan konservatif merupakan polutan yang tidak menyebabkan penurunan konsentrasi karena reaksi fotokimia (Soedomo, 1999). Pada perhitungan IPU, polutan konservatif yang dijadikan acuan salah satunya adalah SO_2 . Berdasarkan rekam data kualitas udara di Kota Surabaya penyumbang terbesar polutan SO_2 berasal dari area transportasi (Dinas Lingkungan Hidup Kota Surabaya, 2015). Hasil emisi yang terbentuk berasal dari hasil pembakaran kendaraan bermotor yang di dalamnya terdapat kandungan sulfur yang sangat tinggi. Kendaraan berat yang bermesin diesel menggunakan bahan bakar solar menyumbang tingkat emisi SO_2 terbesar karena dalam solar di Indonesia menyumbang prosentase 85% pencemar SO_2 dari pada jenis gas buang lain (Yusrianti, 2014). Berdasarkan data sekunder yang diperoleh dari Dinas Lingkungan Hidup Kota Surabaya pada bulan September 2017, tingkat pencemar SO_2 tertinggi pada Surabaya Selatan adalah $60,79 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Data kualitas udara dapat diperoleh melalui stasiun pemantau kualitas udara. Kota Surabaya memiliki stasiun pemantau di 7 titik (7 SUF) yang tersebar di seluruh bagian Kota Surabaya. Hal ini dimaksudkan untuk memudahkan pemantauan kualitas udara di sekitar daerah) dimana ditunjukkan pada *Public Data Display* yang terpasang di sekitar jalan yang terdapat di kawasan Kota Surabaya. Namun hanya tiga alat pemantau saja yang dioperasikan yaitu SUF 1 yang terletak di Taman Prestasi Kantor Gubernur, SUF 6 yang terletak di Wonorejo dan SUF 7 yang terletak di Kebonsari (Constantya, 2017).

Kekurangan dari alat ISPU adalah biaya pembuatan alat yang mahal, perawatan yang memakan biaya yang relatif tinggi,

dan kemungkinan terjadi salah penentuan titik pemantau dikarenakan alat ISPU tidak bisa secara langsung menentukan letak pencemar yang paling tinggi pada suatu daerah (Wicaksana, 2015). Kekurangan lain dari alat pemantau adalah sangat statis, harganya mencapai Rp 5,5 milyar untuk satu unit dan data yang ditampilkan tidak *real time* dan *online* (Amli *et al.*, 2015).

Di samping pengoperasian stasiun pemantau udara, penggunaan model distribusi pencemar udara merupakan salah satu alternatif dalam penyediaan data, estimasi sebaran (pemetaan) dan evaluasi sumber sebagai dasar kebijakan pengelolaan, dimana dalam penggunaan model diperlukan data pendukung salah satunya data monitoring meteorologi lokal (Assomadi, 2016). Penggunaan model berfungsi untuk mendapatkan gambaran secara utuh tentang tingkat konsentrasi polutan di daerah tersebut untuk kemudian mendapatkan solusi dalam mengatasi permasalahan pencemaran udara di kawasan Surabaya Selatan. Salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui konsentrasi polutan di suatu daerah yaitu menggunakan pendekatan model distribusi pencemaran atmosfer perkotaan.

Pendekatan model distribusi pencemaran atmosfer perkotaan merupakan model dispersi yang terintegrasi dengan *mixing height*, kestabilan atmosfer perkotaan, sensitif terhadap perubahan intensitas radiasi, temperatur permukaan, perubahan arah dan kecepatan angin, serta dipengaruhi kinetika reaksi untuk pencemar *non-konservatif* (Assomadi, 2016). Melalui model dispersi, dapat diperkirakan konsentrasi polutan di berbagai titik sebagai fungsi ruang berdasarkan kondisi meteorologi daerah tersebut dengan menggunakan persamaan numeris (Hassan, 2000).

1.2 Rumusan Masalah

Untuk mendapatkan model distribusi penyebaran polutan Sulfur Dioksida (SO_2) pada studi kasus SUF 7 maka dirumuskan beberapa permasalahan yang dikaji penyelesaiannya dalam penelitian ini antara lain:

1. Bagaimana beban emisi dan pola persebaran emisi SO_2 yang dihasilkan dari aktivitas lalu lintas perkotaan di wilayah Surabaya Selatan?

2. Bagaimana perubahan kualitas udara ambien yang dihasilkan dari aktivitas lalu lintas perkotaan di wilayah Surabaya Selatan?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menentukan beban emisi dan pola persebaran emisi SO_2 yang dihasilkan dari aktivitas lalu lintas perkotaan di wilayah Surabaya Selatan.
2. Menganalisis perubahan kualitas udara ambien yang dihasilkan dari aktivitas lalu lintas perkotaan di wilayah Surabaya Selatan.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah:

1. Pencemar yang dimodelkan adalah pencemar konservatif yaitu SO_2 .
2. Pemodelan dispersi SO_2 dilakukan dengan mengestimasi konsentrasi SO_2 berdasarkan data sekunder dari pemantauan kualitas udara Surabaya Selatan yang terdokumentasi dari ISPU.
3. Penelitian ini dilakukan di kawasan Surabaya Selatan (Kebonsari) dalam radius 5 km dari detektor ISPU.
4. Model dispersi yang digunakan adalah persamaan pendekatan model distribusi pencemaran di kota.
5. Variabel yang digunakan adalah klasifikasi jalan (high way/tol, jalan arteri hingga jalan kolektor) dan jarak sumber ke penerima.
6. Skenario model dispersi pencemar udara dibuat berdasarkan musim dan variasi arah angin.
7. Pencemar dari sumber lain dihitung sebagai deviasi.
8. Arah angin yang digunakan arah angin dominan berdasarkan musim pada skenario.
9. Pemodelan dispersi tidak mencakup hari Raya, hari libur nasional dan kejadian tidak biasa/khusus.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Mendapatkan model penyebaran kualitas udara pencemar SO_2 dari aktivitas lalu lintas perkotaan dari wilayah Surabaya Selatan.
2. Pemakaian pemodelan dapat digunakan untuk mengontrol kualitas udara dan dapat menghemat biaya.
3. Sebagai masukan bagi pemerintah baik untuk perencanaan Dinas Tata Kota dan perencanaan jalan bagi Dinas Perhubungan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gambaran Umum Wilayah Studi

Kota Surabaya terletak pada koordinat 07 21 Lintang Selatan dan 112 36 s.d 112 54 Bujur Timur. Wilayahnya merupakan daratan rendah dengan ketinggian 3-6 meter diatas permukaan laut, kecuali disebelah selatan dengan ketinggian 25-30 meter diatas permukaan laut. Luas wilayah Kota Surabaya adalah 326,36 km² yang terbagi dalam 31 kecamatan. Kondisi meteorologis Kota Surabaya diperoleh dari 3 sumber yang berbeda yaitu Stasiun Meteorologi dan Geofisika Perak I, Perak II dan Juanda. Berikut kondisi meteorologis Kota Surabaya pada tahun 2012-2015 dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Rata-rata Kondisi Meteorologis Kota Surabaya Tahun 2012-2015

Tahun	Temperatur (°C)	Kecepatan Angin (knot)	Arah Angin Terbanyak
2012	24,3-34,2	6,7	Timur
2013	23,6-33,9	7,1	Timur
2014	23,6-34,4	7,1	Timur
2015	24,8-33,9	4,7	Timur

Sumber: Badan Pusat Statistik Kota Surabaya, 2017

Jumlah kendaraan bermotor di Kota Surabaya mengalami peningkatan sebesar 0,30% dari tahun 2009 hingga tahun 2015. Pada tahun 2015 total kendaraan bermotor sebanyak 2.126.168 unit kendaraan. Berikut banyaknya kendaraan bermotor berdasarkan jenisnya pada tahun 2015 dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenisnya Tahun 2015

Jenis Kendaraan	Jumlah
Sedan dan sejenisnya	56.046
Jeep dan sejenisnya	34.997
STWAGON dan sejenisnya	257.072
Bus dan sejenisnya	2.936
Truk dan sejenisnya	119.049
Sepeda motor dan sejenisnya	1.655.891
Alat berat dan sejenisnya	177
Total	2.126.168

Sumber: Badan Pusat Statistik Kota Surabaya, 2017

2.2 Pencemar Udara

Pengertian pencemaran udara menurut Peraturan Kementerian Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2010 adalah masuk atau dimasukkan makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain di udara dan berubahnya tekanan udara oleh kegiatan manusia atau proses alam sehingga kualitas udara turun sampai pada tingkat tertentu yang menyebabkan udara menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya.

Pencemaran udara adalah masuknya materi yang tidak diinginkan kedalam udara dimana zat pencemar udara itu tinggi maka dapat menimbulkan aspek yang merugikan. Pencemaran udara tidak hanya menyerang manusia tetapi juga berefek ke vegetasi, fauna dan estetika lingkungan dimana dicontohkan akan adanya bau yang tidak sedap. Polutan adalah dimana material yang merugikan masuk ke dalam atmosfer udara. Sebagian besar polutan dihasilkan oleh negara dengan banyak industri dan aktifitas manusia (Nevers, 2000).

Pergerakan pencemaran udara dapat terjadi secara global, benua dan lokal. Menurut kondisi geografisnya, pergerakan tersebut dapat dibagi menjadi 3, yaitu *macroscale*, *mesoscale* dan *microscale*. Pola pergerakan udara secara *macroscale* melibatkan pola sirkulasi planet. Fenomena ini terjadi kilometer diatas lautan dan benua. Pola pergerakan *mesoscale* dipengaruhi oleh topografi suatu daerah lautan, pegunungan, hutan dan daerah perkotaan. Pola *microscale* terjadi tidak lebih dari 10 km dan biasanya terjadi dikarenakan asap buangan pabrik dan asap aktifitas transportasi (Boedisantoso, 2002).

Polutan udara dapat diklasifikasikan menjadi dua (Cooper dan Alley, 2002), yaitu:

1. Polutan primer, yaitu polutan yang dihasilkan langsung dari sumber emisi atau dari sebuah proses. Polutan yang dikategorikan dalam kelompok polutan primer antara lain partikulat dengan diameter kurang dari 10 μm (PM_{10}), sulfur dioksida (SO_2), nitrogen dioksida (NO_2), karbon dioksida (CO_2), serta timbal (Pb).
2. Polutan sekunder, yaitu polutan yang terbentuk karena adanya reaksi antar polutan primer. Polutan yang

dikategorikan dalam kelompok polutan sekunder adalah ozon (O_3).

2.2.1 Sumber Pencemar Udara

Sumber pencemaran udara menurut Soedomo (2001) bersumber dari kegiatan alami dan kegiatan antropogenik. Contohnya sumber alami adalah akibat letusan gunung berapi, kebakaran hutan, dekomposisi biotik, debu dan spora. Pencemaran udara dari kegiatan antropogenik (kegiatan manusia) contohnya adalah aktifitas transportasi, industri dan dari persampahan.

Sumber pencemar di udara dibagi menjadi beberapa jenis menurut sumbernya yaitu:

1. *Point source*, digunakan untuk mengidentifikasi cerobong di industri. Karakter dari sumber titik ini adalah volume emisinya, ketinggian cerobong dan diameter cerobong.
2. *Line source*, digunakan untuk mengidentifikasi kendaraan bermotor dari jalan. Sumber ini merupakan satu dimensi emisi udara.
3. *Area source*, adalah sumber dua dimensi emisi udara. Di perkotaan, sumber ini digunakan untuk mengidentifikasi emisi yang berasal dari rumah tangga.
4. *Volume source*, merupakan sumber tiga dimensi emisi udara. Sumber ini menggambarkan emisi yang berasal dari pertambangan (misal pertambangan batu kapur).

2.3 Karakteristik Pencemar dan Dampak Pencemaran Udara

2.3.1 Sifat Sulfur Dioksida

Berdasarkan sifat kimia, sulfur dioksida adalah gas yang tidak dapat terbakar, berbau tajam dan tidak berwarna. Konsentrasi untuk deteksi indera perasa adalah 0,3-1 ppm di udara dan ambang bau adalah 0,5 ppm. Gas ini merangsang pedas (*pudgent*) dan bersifat iritan (Sarudji, 2010).

Sulfur dioksida merupakan senyawa kimia dengan rumus kimia SO_2 yang tersusun dari 1 atom sulfur dan 2 atom oksigen. Sulfur dioksida merupakan ikatan yang tidak stabil dan sangat reaktif terhadap gas yang lain (Sunu, 2001).

Titik didih $= -10^\circ C$

Titik lebur	= -75,5°C
Spesifik gravitasi (air=1)	= 1,4 pada 0° C
Kelarutan dalam air	= 8,5 pada 100 ml air suhu 25°C
Berat jenis uap relatif di udara	= 2,25
Berat jenis relatif udara	= 1

Sulfur dioksida memiliki waktu tinggal dalam udara antara 2 sampai 4 hari dan dalam waktu tinggal tersebut SO₂ dapat ditransportasikan sejauh 1000 km, sehingga dapat dikatakan SO₂ relatif stabil dalam atmosfer.

2.3.2 Sumber Polusi Sulfur Dioksida

Sulfur Dioksida berasal dari dua sumber yakni sumber alamiah dan buatan. Sumber-sumber SO₂ alamiah adalah gunung-gunung berapi, pembusukan bahan organik oleh mikroba dan reduksi sulfat secara biologis. Proses pembusukan akan menghasilkan H₂S yang akan menghasilkan H₂S yang akan cepat berubah menjadi SO₂ sebagai berikut.



Sumber-sumber SO₂ buatan adalah pembakaran bahan bakar minyak, gas dan batu bara yang mengandung sulfur tinggi. Sumber-sumber buatan ini diperkirakan memberi kontribusi sebanyak sepertiganya saja dari seluruh SO₂ atmosfer/tahun. Akan tetapi, karena hampir seluruhnya berasal dari buangan industri, maka hal ini dianggap cukup gawat. Apabila pembakaran bahan bakar fosil ini bertambah di kemudian hari, maka dalam waktu singkat sumber-sumber ini akan dapat memproduksi lebih banyak SO₂ daripada sumber alamiah (Slamet, 2009).

2.3.3 Reaksi Pembentukan Sulfur Dioksida

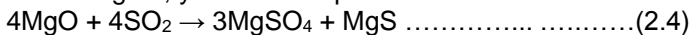
Gas sulfur oksida atau sering ditulis dengan SO_x terdiri atas gas SO₂ dan gas SO₃ yang keduanya memiliki sifat berbeda (Wardhana, 2001). Istilah SO_x digunakan untuk menunjukkan adanya emisi campuran ikatan sulfur dengan oksigen ke udara (Sarudji, 2010). Pembakaran bahan-bahan yang tidak mengandung sulfur akan menghasilkan kedua bentuk sulfur oksida, tetapi jumlahnya relatif tidak dipengaruhi oleh jumlah oksigen yang tersedia. Walaupun udara tersedia dalam jumlah cukup, SO₂ selalu terbentuk dalam jumlah besar. Mekanisme

pembentukan SO_x dapat dituliskan dalam dua tahap reaksi sebagai berikut:



Gas buangan hasil pembakaran pada umumnya mengandung gas SO_2 lebih banyak dari pada gas SO_3 . Jadi dalam hal ini yang dominan adalah gas SO_2 . Namun demikian gas tersebut akan bertemu dengan oksigen yang ada di udara dan kemudian membentuk gas SO_3 .

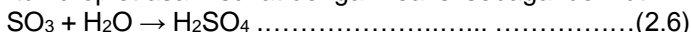
Gas SO_2 juga dapat membentuk garam sulfat apabila bertemu dengan oksida logam, yaitu melalui proses kimiawi berikut.



Udara yang mengandung uap air akan bereaksi dengan gas SO_2 sehingga membentuk asam sulfat (Wardhana, 2001).



Adanya SO_3 di udara dalam bentuk gas hanya mungkin jika konsentrasi uap air sangat rendah. Jika uap air terdapat dalam jumlah cukup, biasanya SO_3 dan air akan segera bergabung membentuk droplet asam sulfat dengan reaksi sebagai berikut.

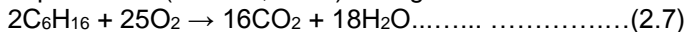


Oleh karena itu komponen normal yang terdapat di dalam atmosfer bukan SO_3 melainkan H_2SO_4 . Tetapi jumlah H_2SO_4 atmosfer ternyata lebih tinggi daripada yang dihasilkan dari emisi SO_3 . Hal ini menunjukkan bahwa produksi H_2SO_4 juga berasal dari mekanisme-mekanisme lainnya. Setelah berada di atmosfer, sebagian SO_2 akan diubah menjadi SO_3 (kemudian menjadi H_2SO_4) oleh proses-proses fotolitik dan katalitik. Jumlah SO_2 yang teroksidasi menjadi SO_3 dipengaruhi beberapa faktor, termasuk jumlah air yang tersedia, intensitas, waktu dan distribusi spektrum sinar matahari, serta jumlah katalitik yang tersedia (Kristanto, 2002).

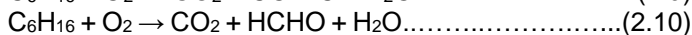
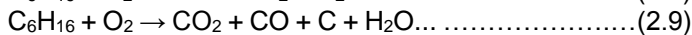
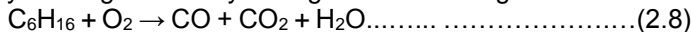
Tidak terdapatnya konsentrasi SO_2 yang tinggi di udara yang jauh dari sumber pencemar bukan berarti bahwa sumber tersebut tidak atau sedikit menghasilkan SO_2 , karena bisa jadi SO_2 telah diubah kedalam bentuk lain seperti asam sulfat atau sulfat seperti pada penjelasan diatas (Sarudji, 2010).

2.3.4 Reaksi Pembakaran Bahan Bakar

Pembakaran kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar minyak (BBM) dari premium terjadi pada ruang bakar mesin. Lewat percikan bunga api dari busi, premium terbakar dan mendesak piston ketepatan saat penyalaan dengan saat membuka klep bahan bakar. Persamaan reaksi pembakaran sempurna petroleum (Perkins, 1974) sebagai berikut.

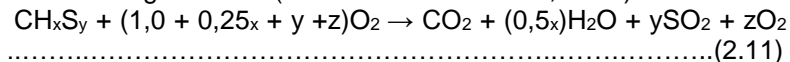


Jika pembakaran tidak sempurna, menghasilkan gas CO dan senyawa organik lainnya dengan reaksi sebagai berikut.



Reaksi yang terjadi adalah reaksi stokiometri dimana semua atom oksigen bereaksi sempurna dengan bahan bakar namun pada kenyataannya sangat sulit terjadi, karena adanya suhu tinggi reaksi pembakaran yang terjadi selalu disertai pembentukan gas lain (Perkins dan Henry, 1974). Dari reaksi tersebut terlihat emisi gas buang dengan konsentrasi CO dan HC tinggi, tetap konsentrasi NO_x rendah karena temperatur masih dingin dan campuran udara-udara bakar tidak memenuhi syarat pembakaran secara stokiometris.

Kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar dari campuran persenyawaan Hidrokarbon pembakaran memenuhi reaksi sebagai berikut (Thomas dan Laurence, 1975).



Dimana:

- x = rasio atom hidrogen menjadi atom karbon dalam bahan bakar
- y = rasio atom sulfur menjadi atom karbon dalam bahan bakar
- z = rasio konsentrasi oksigen dan karbon oksida dalam bahan bakar

Bila pembakaran dapat berlangsung sempurna seperti pada reaksi semua atom Oksigen (O_2) yang ada dalam udara bereaksi dengan atom-atom dari bahan bakar. Pada reaksi pembakaran sempurna hasil reaksinya tak terdapat CO ataupun NO_x . Tetapi pada kenyataannya dalam setiap pembakaran selalu

terdapat hasil pembakaran CO. Berarti pembakaran berlangsung tidak sempurna hal ini yang selalu menjadi masalah pencemaran udara.

Pada saat emisi keluar dari sumber pencemar terdapat kepulan gas dari ketinggian sumber hingga asap mengalir secara horizontal. Kenaikan emisi disebabkan oleh dua hal (Muhammad, 2016).

1. Momentum, terjadi akibat kecepatan vertikal gas
2. Flux Boyancy, merupakan gaya apung yang menekan fluida terjadi karena adanya perbedaan suhu gas dengan udara ambien

2.3.5 Baku Mutu Sulfur Dioksida

Pemantauan kualitas udara ambien memiliki salah satu tujuan yaitu menetapkan status mutu udara ambien. Berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 12 Tahun 2010, status mutu udara ambien adalah keadaan mutu udara di suatu tempat pada saat dilakukan inventarisasi. Status mutu udara ambien ditetapkan berdasarkan inventarisasi dan/atau penelitian terhadap baku mutu udara ambien, potensi sumber pencemar udara, kondisi meteorologis dan geografis, serta tata guna lahan. Status mutu udara daerah dikategorikan dalam udara tercemar dan udara tidak tercemar. Penentuan status mutu udara kota bertujuan untuk menyatakan atau menyimpulkan kondisi ketercemaran mutu udara kota dari hasil pemantauan rutin selama 1 tahun yang diwakili oleh parameter CO, NO₂, SO₂, PM₁₀ dan O₃.

Baku mutu udara ada 2 macam pengertian menurut PP No. 41 tahun 1999 yaitu:

1. Baku mutu udara ambien adalah ukuran batas atau kadar zat, energi dan/atau komponen yang ada atau seharusnya ada dan/atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam udara ambien.
2. Baku mutu emisi sumber adalah batas kadar maksimal dan/atau beban emisi maksimum yang diperbolehkan masuk atau dimasukkan ke dalam udara ambien.

Berikut baku mutu udara ambien nasional untuk parameter SO₂ dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Baku Mutu Udara Ambien Nasional Parameter SO₂

Parame ter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu	Metode Analisis	Peralatan
SO ₂ (Sulfur Dioksida)	1 jam	900 µg/Nm ³	Pararosanalin	Spektrofotometer
	24 jam	365 µg/Nm ³		
	1 tahun	60 µg/Nm ³		

Sumber: PP No. 41 Tahun 1999

2.3.6 Dampak Pencemaran Udara

Kehadiran Sulfur Dioksida (SO₂) di udara bebas yang melebihi kadarnya akan menyebabkan dampak yang buruk bagi makhluk hidup dan lingkungannya yaitu:

1. Dampak Terhadap Kesehatan Manusia

Gas SO₂ mempunyai pengaruh yang kuat terhadap kesehatan yang akut dan kronis, dalam bentuk gas SO₂ dapat mengiritasi sistem pernafasan, pada paparan yang tinggi (waktu singkat) mempengaruhi fungsi paru-paru (Istantinova *et al.*, 2013).

Udara yang telah tercemar SO_x menyebabkan manusia akan mengalami gangguan pada sistem pernafasan. Hal ini karena SO_x yang mudah menjadi asam tersebut menyerang selaput lendir pada hidung, tenggorokan dan saluran nafas yang lain sampai ke paru-paru. Iritasi pada saluran pernafasan dapat menyebabkan pergerakan silia menjadi lambat, bahkan dapat terhenti, sehingga tidak dapat membersihkan saluran pernafasan, hal ini dapat meningkatkan produksi lendir dan penyempitan saluran pernafasan. Akibatnya terjadi kesulitan bernafas, sehingga benda asing termasuk bakteri atau mikroorganisme lain tidak dapat dikeluarkan dari saluran pernafasan dan hal ini memudahkan terjadinya infeksi saluran pernafasan (Mukono, 2005).

Pengaruh sulfur dioksida terhadap manusia adalah sebagai berikut (Fardiaz, 1992).

- 3 – 5 ppm: dapat dideteksi dari baunya
- 8 – 12 ppm: dapat mengakibatkan iritasi tenggorokan
- 20 ppm: dapat mengakibatkan iritasi mata dan batuk
- 50 – 100 ppm: hanya diperbolehkan kontak dalam waktu singkat (30 menit)

- 400 – 500 ppm: berbahaya meskipun kontak secara singkat

Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa iritasi pada tenggorokan terjadi pada konsentrasi SO_2 sebesar 5 ppm atau lebih, bahkan pada beberapa individu yang sensitif, iritasi terjadi pada konsentrasi 1-2 ppm. SO_2 dianggap polutan yang berbahaya bagi kesehatan terutama terhadap manusia usia lanjut dan penderita yang mengalami penyakit kronis pada sistem pernafasan dan kardiovaskular. Individu dengan gejala tersebut sangat sensitif jika kontak dengan SO_2 walaupun dengan konsentrasi yang relatif rendah, misalnya 0,2 ppm atau lebih (Kristanto, 2002).

Standar kandungan SO_2 di udara untuk daerah perindustrian dan pemukiman perlu dibedakan dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2. 4 Konsentrasi Maksimum SO_2 dengan Waktu

Periode	Konsentrasi Maksimum SO_2 (ppm)	
	Pemukiman	Industri
1 jam	0,025	0,40
24 jam	0,10	0,20
1 tahun	0,02	0,05

Sumber: Sastrawijaya, 2000

2. Dampak Terhadap Ekosistem dan Lingkungan

Agustianarni (2008), menyatakan tingginya kadar SO_2 di udara merupakan salah satu penyebab terjadinya hujan asam. Hujan asam disebabkan oleh belerang (sulfur) yang merupakan pengotor dalam bahan bakar fosil serta nitrogen di udara yang bereaksi dengan oksigen membentuk sulfur dioksida dan nitrogen oksida. Zat-zat ini berdifusi ke atmosfer dan bereaksi dengan air untuk membentuk asam sulfat dan asam nitrat yang mudah larut sehingga jatuh bersama air hujan. Air hujan yang asam tersebut akan meningkatkan kadar keasaman tanah dan air permukaan yang terbukti berbahaya bagi kehidupan ikan dan tanaman.

Kelebihan zat asam pada danau akan mengakibatkan sedikitnya spesies yang bertahan. Jenis plankton dan invertebrata merupakan makhluk yang pertama mati akibat pengaruh pengasaman. Apa yang terjadi jika danau memiliki pH dibawah 5, lebih dari 75% dari spesies ikan akan hilang. Ini disebabkan oleh

pengaruh rantai makanan, yang secara signifikan berdampak pada keberlangsungan suatu ekosistem. Tidak semua danau yang terkena hujan asam akan terjadi pengasaman, dimana telah ditemukan jenis batuan dan tanah yang dapat membantu menetralkan keasaman. Selain menyebabkan hujan asam, SO_2 juga dapat mengurangi jarak pandang karena gas maupun partikel SO_2 mampu menyerap cahaya sehingga menimbulkan kabut.

3. Dampak Terhadap Tanaman

Tanaman dapat rusak karena pencemar SO_2 . Gas SO_2 pada konsentrasi tinggi dapat membunuh jaringan pada daun, pinggiran daun dan daerah diantara tulang-tulang daun rusak. Secara kronis SO_2 menyebabkan terjadinya khlorosis. Kerusakan tanaman ini akan diperparah dengan kenaikan kelembaban udara. SO_2 diudara akan berubah menjadi asam sulfat. Oleh karena itu, didaerah dengan adanya pencemaran oleh SO_2 yang cukup tinggi, tanaman akan rusak oleh aerosol asam sulfat (Soemarwoto, 1992).

Beberapa jenis tanaman berdaun lebar memberikan respon terhadap SO_2 yang memiliki konsentrasi 0,9 ppm dengan menunjukkan gejala luar, warna dedaunan berubah menjadi kuning dan berbintik. Contoh tanaman berdaun lebar yang sangat sensitif terhadap SO_2 adalah *Pinus silvestri* (pinus) dan *Fagus* (cemara). Kandungan sulfur pada batang pohon cemara dapat memberi petunjuk terjadi pencemaran SO_2 yang meliputi wilayah yang cukup luas (Nugroho, 2005).

4. Dampak Terhadap Hewan

Effendi (2003), menyatakan penurunan penangkapan ikan salmon di sungai disebabkan oleh penurunan pH yang menyebabkan penurunan laju daur zat makanan dalam sistem perairan. Penurunan pH karena SO_x akan menghasilkan H_2S , HSO_3 dan H_2SO_4 yang bersifat asam kuat. Dengan demikian, terdapat penurunan jumlah bahan organik dalam suatu daerah dan suatu pergeseran keadaan oligotropik didanau. Perubahan ekologis mengikuti pengaruh umum zat toksik terhadap ekosistem.

Sebagaimana tumbuhan, hewan juga memiliki ambang toleransi terhadap hujan asam. Spesies hewan tanah yang mikroskopis akan langsung mati saat pH tanah meningkat karena sifat hewan mikroskopis adalah sangat spesifik dan rentan terhadap perubahan lingkungan yang ekstrim. Spesies hewan

yang lain juga akan terancam karena jumlah produsen (tumbuhan) semakin sedikit. Berbagai penyakit juga akan terjadi pada hewan karena kulitnya terkena air dengan keasaman tinggi. Hal ini jelas akan menyebabkan kepunahan spesies.

5. Dampak Terhadap Material

Bahan pencemar terutama gas SO_2 (Sulfur Dioksida) mengakibatkan terjadinya hujan asam. Hujan asam bersifat korosif sehingga dapat mengoksidasi benda-benda yang kontak dengannya (Wardhana, 2001).

Hujan dengan pH kurang dari 5,6 terutama pH di bawah 5,1 akan berdampak negatif dan menyebabkan berbagai kerusakan diantaranya dapat merusak properti, monumen, patung dan bahan logam (Susanta dan Sutjahjo, 2008).

2.4 Indeks Standar Pencemar Udara

Indeks Standar Pencemaran Udara adalah angka yang menunjukkan kondisi kualitas udara ambien di lokasi dan waktu tertentu yang didasarkan atas dampak terhadap kesehatan manusia, ekстетika dan makhluk hidup lainnya. Rentang Indeks Standar Pencemaran Udara adalah sebagai berikut.

Tabel 2.5 Angka dan Kategori Indeks Standar Pencemaran Udara

Indeks	Angka
1-50	Baik
51-100	Sedang
101-199	Tidak Sehat
200-299	Sangat Tidak Sehat
300 <	Berbahaya

Sumber : Kep. Bapedal No. 107 Tahun 1997

Tabel 2.6 Batas ISPU untuk Sulfur Dioksida

ISPU	24 jam SO_2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
50	80

ISPU	24 jam SO ₂ µg/m ³
100	365
200	800
300	1600
400	2100
500	2620

1. Pada 25 C dan 760 mm Hg
2. Tidak ada indeks yang dapat dilaporkan pada konsentrasi rendah dengan jangka pemaparan yang pendek

Sumber : Kep. Bapedal No. 107 Tahun 1997

Tabel 2.7 Keterangan Kategori ISPU untuk Sulfur Dioksida

Kategori	Keterangan
Baik	Luka pada beberapa spesies tumbuhan akibat kombinasi dengan O ₃ (selama 4 jam)
Sedang	Luka pada beberapa spesies tumbuhan
Tidak Sehat	Bau, meningkatnya kerusakan tanaman
Sangat Tidak Sehat	Meningkatnya sensitivitas pada pasien berpenyakit asma dan bronhitis
Berbahaya	Tingkat kualitas udara berbahaya yang dapat merugikan kesehatan manusia yang serius pada populasi

Sumber : Kep. Bapedal No. 107 Tahun 1997

2.5 Sistem Jaringan Jalan

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 tentang Jalan, sistem jaringan jalan adalah satu kesatuan ruas jalan yang saling menghubungkan dan mengikat pusat-pusat pertumbuhan dengan wilayah yang berada dalam pengaruh pelayanannya dalam satu hubungan hierarkis.

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 tentang Jalan, sistem jaringan jalan berdasarkan fungsinya terdiri dari dua jenis yaitu:

1. Sistem Jaringan Jalan Primer
 - a) Sistem jaringan jalan primer merupakan sistem jaringan jalan dengan peranan pelayanan distribusi

barang dan jasa untuk pengembangan semua wilayah di tingkat nasional, dengan menghubungkan semua simpul jasa distribusi yang berwujud pusat-pusat kegiatan.

- b) Sistem jaringan jalan primer menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan, antaribukota kecamatan, ibukota kabupaten dengan pusat kegiatan lokal, antarpusat kegiatan lokal, serta jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder dalam wilayah kabupaten dan jalan strategis kabupaten.
 - c) Jalan arteri primer merupakan jalan arteri dalam skala wilayah tingkat nasional.
 - d) Jalan lingkungan primer merupakan jalan lingkungan dalam skala wilayah tingkat lingkungan seperti di kawasan perdesaan di wilayah kabupaten.
 - e) Jalan kolektor primer merupakan jalan kolektor dalam skala wilayah.
 - f) Jalan lokal primer merupakan jalan lokal dalam skala wilayah tingkat lokal sedangkan jalan lokal sekunder dalam skala perkotaan.
2. Sistem Jaringan Jalan Sekunder
- a) Sistem jaringan jalan sekunder merupakan sistem jaringan jalan dengan peranan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk masyarakat di dalam kawasan perkotaan.
 - b) Sistem jaringan sekunder menghubungkan antarpusat pelayanan dalam kota, menghubungkan pusat pelayanan dengan persil, menghubungkan antarpersil, serta menghubungkan antarpusat permukiman yang berada di dalam kota.
 - c) Jalan arteri sekunder merupakan jalan arteri dalam skala perkotaan
 - d) Jalan lingkungan sekunder merupakan jalan lingkungan dalam skala perkotaan. seperti di lingkungan perumahan, perdagangan dan pariwisata di kawasan perkotaan.
 - e) Jalan kolektor sekunder dalam skala perkotaan.
 - f) Jalan lingkungan sekunder merupakan jalan lingkungan dalam skala perkotaan seperti di

lingkungan perumahan, perdagangan dan pariwisata di kawasan perkotaan.

2.6 Model Dispersi Pencemar Udara

Pemodelan pencemaran udara digunakan untuk memperkirakan besar dispersi pencemaran udara tersebut dalam jangka waktu yang lama. Sebagian besar pemodelan pencemaran udara menggunakan pendekatan matematis yaitu hukum gauss (Beauchemin *et al.*, 2009). Model dispersi memiliki beberapa fungsi sebagai berikut (Seinfeld dan Pandis, 2006):

1. Membuat regulasi terkait baku mutu kualitas udara.
2. Mengevaluasi dampak kebijakan dan strategi pengendalian emisi.
3. Memprakirakan sumber pencemar udara yang akan muncul.
4. Membuat pengendalian pencemaran udara untuk mengurangi dampaknya sesuai dengan daerah yang dimodelkan.
5. Mengevaluasi ketaatan terhadap baku mutu yang ada.

2.6.1 Perhitungan Beban Emisi

Faktor emisi adalah suatu rasio yang menghubungkan emisi suatu pencemar dengan suatu tingkat aktivitas yang dapat diukur (KLH, 2013). Faktor-faktor ini biasanya dinyatakan sebagai berat polutan dibagi satuan berat, volume, jarak dan lamanya aktivitas yang menemisikan polutan atau durasi dari komponen kegiatan yang mengemisikan polutan tersebut. Kekuatan emisi (*emission strength*) menunjukkan volume emisi yang dikeluarkan per satuan waktu. Faktor emisi kendaraan bermotor dipengaruhi oleh faktor-faktor berikut (KLH, 2014):

- a) Karakteristik geografi (meteorologi dan variasi kontur).
- b) Teknologi kendaraan.
- c) Pola kecepatan kendaraan bermotor (*driving cycle*).

Faktor emisi dengan asumsi:

- a) Karakteristik geografi kota di seluruh Indonesia diasumsikan seragam.
- b) Karakteristik bahan bakar di seluruh Indonesia diasumsikan seragam.

- c) Teknologi kendaraan bermotor sebanding dengan umur kendaraan bermotor dan dapat diasumsikan seragam distribusinya di seluruh Indonesia apabila belum tersedia data populasi kendaraan bermotor berdasarkan umurnya.

Faktor emisi yang digunakan untuk menentukan beban emisi polutan adalah faktor emisi Indonesia dari Kementerian Lingkungan Hidup seperti yang dapat dilihat pada Tabel 2.8.

Tabel 2. 8 Faktor Emisi Gas Buang Kendaraan untuk Kota Metropolitan dan Kota Besar di Indonesia Berdasarkan Kategori Kendaraan

Kategori	SO₂ (g/km)
Sepeda Motor	0,008
Mobil (bensin)	0,026
Mobil (solar)	0,44
Mobil*	0,11
Bis	0,93
Truk	0,82

Sumber : KLH, 2010

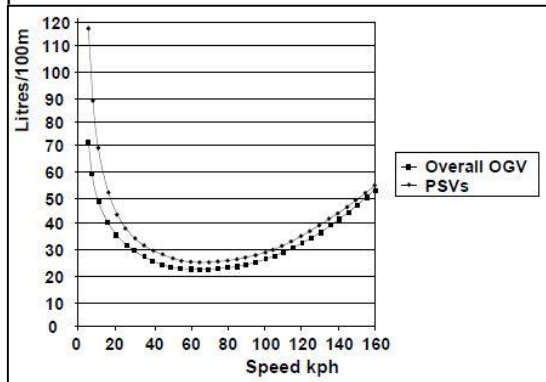
Berikut faktor emisi gas buang kendaraan sub-kategori dalam kategori mobil yang ditunjukkan pada Tabel 2.9.

Tabel 2. 9 Faktor Emisi Gas Buang Kendaraan untuk Kota Metropolitan dan Kota Besar di Indonesia Berdasarkan Sub-Kategori dalam Kategori Mobil

Sub-kategori Mobil	SO₂ (g/km)
Angkot	0,029
Taksi	0,025
Roda 3 (bajaj)	0,013
Pick-up	0,13
Jeep	0,145
Van/minibus	0,14
Sedan	0,023

Sumber : KLH, 2010

Menurut Suhadi (2008), kandungan sulfur dalam solar (0,2156%) lebih besar dari bensin (0,015%), dan berat jenis bahan bakar solar (838 g/l) lebih besar dari bensin (735 g/l), kondisi inilah yang mempengaruhi nilai faktor emisi kendaraan berbahan bakar solar lebih besar dari pada kendaraan berbahan bakar bensin untuk polutan SO₂. Konsumsi bahan bakar memiliki pola hubungan yaitu menunjukkan konsumsi yang sangat tinggi pada kecepatan rendah dan konsumsi minimum pada kecepatan sedang (60 – 70 km/jam) (Mathew, 2014). Pola perubahan konsumsi bahan bakar ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Pola Perubahan Konsumsi Bahan Bakar dengan Variasi Kecepatan Rata-rata Kendaraan
Sumber: Mathew, 2014

Perbedaan rata-rata kecepatan menentukan beban emisi setiap kendaraan sehingga diperlukan koreksi beban emisi. Koreksi beban emisi sumber transportasi dilakukan dengan menambahkan faktor kalibrasi. Faktor kalibrasi digunakan untuk mendapatkan nilai yang dekat antara model dan kondisi riil lapangan. Faktor kalibrasi dapat mengakomodasi kondisi lapangan yang sulit digambarkan dalam model, seperti frekuensi pengereman dan tarikan gas, adanya pemberhentian kendaraan, adanya kemacetan dan sebagainya (Assomadi, 2016).

Nilai faktor koreksi berdasar nilai konsumsi bahan bakar rata-rata terendah dan emisi rata-rata terendah yaitu pada kecepatan 60 - 80 km/jam. Pada kecepatan ini faktor koreksi koreksi ditetapkan 1, sedangkan pada kecepatan yang lain

dihitung berdasar emisi atau konsumsi bahan bakar (Assomadi, 2016).

$$Fk = \frac{Emisi_v}{Emisi_{60-80}} \times 1 \approx \frac{Fuel_v}{Fuel_{60-80}} \times 1 \dots \dots \dots (2.12)$$

Hasil pendekatan faktor koreksi dengan pendekatan berdasarkan kecepatan rata-rata kendaraan ditunjukkan pada Tabel 2.10.

Tabel 2. 10 Nilai Faktor Koreksi Emisi Berdasarkan Kecepatan Rata-rata Kendaraan

Kecepatan Rata-rata (km/jam)	Faktor Koreksi Emisi
110	1,5
100	1,4
90	1,25
80	1
70	1
60	1
50	1,1
40	1,25
30	1,4
20	1,75
10	2,5
5	3,6

Sumber : Mathew, 2014 dalam Assomadi, 2016

Beban emisi untuk suatu polutan dari kendaraan pada suatu segmen jalan dapat dihitung dengan:

$$Q = n \times FE \times L \dots \dots \dots (2.13)$$

Keterangan:

- Q = kekuatan emisi (gram/jam)
- n = jumlah kendaraan (kendaraan/jam)
- FE = faktor emisi SO₂ (gram/km)
- L = panjang jalan (km)

2.6.2 Pendekatan Kecepatan Kendaraan

Kecepatan rata-rata kendaraan didasarkan pada derajat kejenuhan (DS). DS adalah ukuran utama yang digunakan untuk menentukan tingkat kinerja segmen jalan. Nilai DS menunjukkan

kualitas arus lalu lintas dan bervariasi antara nol sampai dengan satu. Nilai yang mendekati nol menunjukkan arus yang tidak jenuh yaitu kondisi arus yang lengang dimana kehadiran kendaraan lain tidak mempengaruhi kendaraan yang lainnya. Nilai yang mendekati 1 menunjukkan kondisi arus pada kondisi kapasitas. Nilai derajat kejenuhan dapat berdasarkan persamaan berikut (Kementerian Pekerja Umum, 2014).

$$D_j = \frac{Q}{C} \dots \dots \dots (2.14)$$

dimana:

- D_j = derajat kejenuhan
- Q = arus lalu lintas, skr/jam
- C = kapasitas, skr/jam

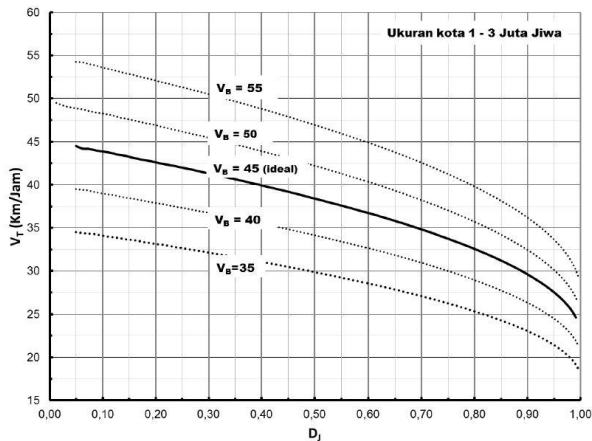
Derajat kejenuhan dapat menentukan tingkat pelayanan yang ditunjukkan pada Tabel 2.11.

Tabel 2. 11 Tingkat Pelayanan Berdasarkan Derajat Kejenuhan

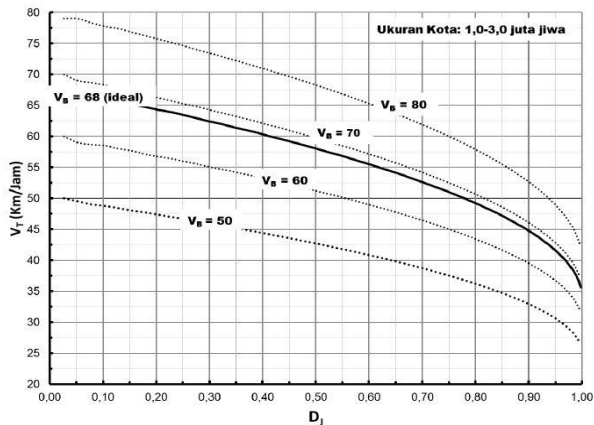
Tingkat Pelayanan (LOS)	Karakteristik	Batas Lingkup (V/C)
A	Kondisi arus bebas dengan kecepatan tinggi, pengemudi dapat memilih kecepatan yang diinginkan tanpa hambatan.	0,0 – 0,20
B	Arus stabil, tetapi kecepatan operasi mulai dibatasi oleh kondisi lalu lintas. Pengemudi memiliki kebebasan yang cukup untuk memilih kecepatan	0,21 – 0,44
C	Arus stabil, tetapi kecepatan dan gerak kendaraan dikendalikan, pengemudi dibatasi dalam memilih kecepatan.	0,45 – 0,75
D	Arus mendekati stabil, tetapi kecepatan dan gerak kendaraan dikendalikan.	0,76 – 0,84
E	Volume lalu lintas mendekati/berada pada kapasitas arus tidak stabil, terkadang berhenti.	0,84 – 1,00
F	Arus yang dipaksa/macet, kecepatan rendah, volume diatas kapasitas, antrian panjang dan terjadi hambatan-hambatan yang besar.	> 1,00

Sumber: Menteri Perhubungan, 2006

Berdasarkan derajat kejenuhan didapatkan prakiraan kecepatan kendaraan. Berikut grafik hubungan derajat kejenuhan dengan kecepatan kendaraan yang ditunjukkan pada Gambar 2.2 dan Gambar 2.3.



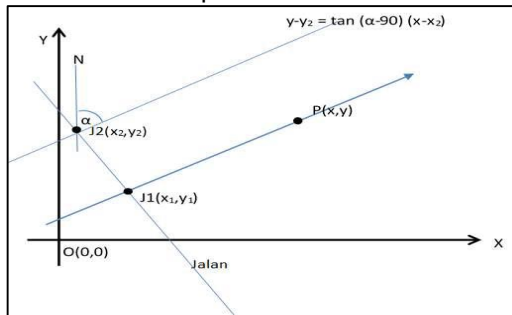
Gambar 2. 2 Hubungan Kecepatan Kendaraan dan Derajat Kejenuhan pada Tipe Jalan 2/2TT
Sumber: Kementerian Pekerja Umum, 2014



Gambar 2. 3 Hubungan Kecepatan Kendaraan dan Derajat Kejenuhan pada Tipe Jalan 4/2T, 6/2T
Sumber: Kementerian Pekerja Umum, 2014

2.6.3 Transformasi Koordinat

Untuk sumber pencemar berupa garis (*line source*) terjadi emisi gas buang kendaraan terjadi emisi gas buang kendaraan bermotor secara kontinyu, dispersi emisinya sepanjang jalan tersebut adalah pada *crosswind* (Petersen, 1978). Diperlukan transformasi koordinat kartesian, dimana transformasi koordinat dilakukan mengikuti perubahan arah angin. Gambar 2.4 menunjukkan gambaran sistem koordinat kartesius dan kedudukan *line source* dan penerima.



Gambar 2. 4 Sistem Koordinat Kartesius dan Kedudukan Line Source (J) dan Penerima (P)

Sumber: Assomadi, 2016

Perhitungan transformasi koordinat didasarkan pada Assomadi (2016), sebagai berikut:

Gradien jalan (m) dan sudut arah jalan dari N (A):

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}, \quad A = \text{atan}(m) \dots \dots \dots (2.15)$$

Konstanta pada garis jalan (k)

$$k = y_1 - mx_1 \dots \dots \dots (2.16)$$

Selisih sudut jalan dengan arah angin (B)

$$B = \alpha - 90 + A \dots \dots \dots (2.17)$$

Jarak penerima dengan jalan searah angin (d)

$$d = \frac{((mx_1 + k - y) / \sqrt{(1 + m^2)})}{\sin B} \dots \dots \dots (2.18)$$

Titik potong garis angin melewati pengamat dengan jalan

$$J1(x_1, y_1) = (x_e, y_e)$$

$$x_e = \frac{m_a x - m x_1 - y + y_1}{m_a - m}, \quad y_e = m_1(x_e - x_1) + y_1 \dots \dots \dots (2.19)$$

2.6.4 Faktor Difusi

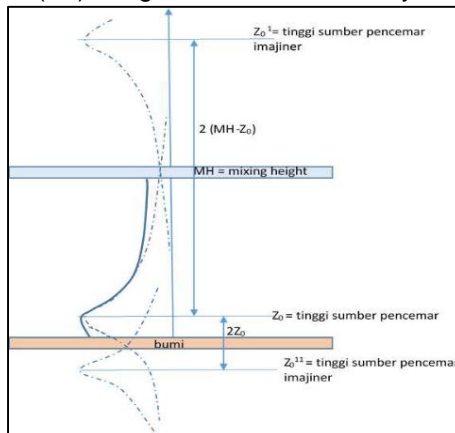
Persebaran polutan dapat terjadi karena proses difusi, adveksi dan proses lain terjadi (proses kimia atau biologi). Persamaan yang digunakan pada proses persebaran kontaminan akibat difusi adalah sebagai berikut (Assomadi, 2016).

$$\frac{\partial c}{\partial t} = \sum_i (D_x \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + D_y \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} + D_z \frac{\partial^2 c}{\partial z^2}) \dots \dots \dots (2.20)$$

Dengan menyelesaikan diferensial tersebut dalam kondisi perhitungan parsial terhadap X, diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$C(x, t) = \frac{m_a}{A\sqrt{4\pi D_x t}} \exp\left(\frac{-(x-x_0)^2}{4D_x t}\right) \dots \dots \dots (2.21)$$

Difusi dari suatu polutan akan menyebar ke ruang 3 dimensi (sumbu x, y dan z). Difusi akan terjadi hingga suatu titik yang dinamakan *plume rise*. Gambar 2.5 menggambarkan difusi ke arah vertikal (Dz) dengan kondisi titik x dan y tetap.



Gambar 2. 5 Skema difusi pencemar secara vertikal (Dz)

Sumber: Assomadi, 2016

Konsentrasi di setiap titik sepanjang sumbu z pada kondisi ketinggian di bawah sumber pencemar, merupakan jumlah superposisi distribusi konsentrasi dari sumber riil dan sumber imajiner dengan batas permukaan bumi. Pernyataan ini dirumuskan sebagai berikut:

$$C(z, t) = C(z_0, t) + C(-z_0, t) \dots \dots \dots (2.22)$$

$$C(x, t) = \frac{m_a}{A\sqrt{4\pi D_z t}} \left(\exp\left(\frac{-(z-z_0)^2}{4D_z t}\right) + \exp\left(\frac{-(z+z_0)^2}{4D_z t}\right) \right) \dots (2.23)$$

2.6.5 Pendekatan Model Distribusi Pencemar di Perkotaan

Persamaan yang digunakan untuk memodelkan dispersi udara untuk sumber garis menggunakan pendekatan baru model distribusi pencemar di atmosfer perkotaan berdasarkan (Assomadi, 2016). Persamaan model distribusi pencemar dengan kinetika reaksi untuk sumber titik sebagai berikut:

$$C(x, y, z) = \frac{q}{4\pi x \sqrt{D_y D_z}} \left(\exp\left(\frac{-y^2}{4D_y x}\right) + \exp\left(\frac{-(y-2L)^2}{4D_y x}\right) \right) \left(\exp\left(\frac{-(z-H)^2}{4D_z x}\right) + \exp\left(\frac{-(z+H)^2}{4D_z x}\right) \right) \left(\exp\left(\frac{-\lambda x}{v}\right) \right) \dots (2.24)$$

Model dispersi pencemar dari sumber garis, pada prinsipnya merupakan kumpulan banyak sumber titik yang berjajar membentuk pola fungsi garis tertentu. Persamaan *infinite* untuk sumber garis adalah sebagai berikut:

$$C(x, y, z) = \frac{(39,2-3,25 v)v^2}{x} \frac{Q}{\sqrt{2\pi D_z x}} \left(\exp\left(\frac{-(z-H)^2}{4D_z x}\right) + \exp\left(\frac{-(z+H)^2}{4D_z x}\right) \right) \left(\exp\left(\frac{-\lambda x}{v}\right) \right) \left[\operatorname{erf}\left(\frac{\sin\theta\left(\frac{L}{2}-y\right)}{\sqrt{2D_y x}}\right) + \operatorname{erf}\left(\frac{\sin\theta\left(\frac{L}{2}+y\right)+x \cos\theta}{\sqrt{2D_y x}}\right) \right] \dots (2.25)$$

Dengan :

- $C_L(x, y, z)$ = Konsentrasi pada titik (x, y, z) (gr/m^3)
- Q = Beban emisi (gr/det)
- x = Jarak searah angin (m)
- z = Ketinggian reseptor (m)
- H = Tinggi efektif sumber dari permukaan (m)
- v = Kecepatan angin (m/det)
- λ = Konstanta laju reaksi
- D_z, D_y = Konstanta difusi (m^2/det)

Pada persamaan asal atau persamaan dispersi Gauss digunakan koefisien dispersi yang menggambarkan klasifikasi stabilitas atmosfer berdasarkan perbedaan kecepatan angin dan tutupan awan dengan rumus dispersi Gauss sebagai berikut.

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z} \left(\exp\left(-\frac{1}{2} \frac{y^2}{\sigma_y^2}\right) \right) \left[\exp\left(-\frac{1}{2} \frac{(z-h)^2}{\sigma_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{1}{2} \frac{(z+h)^2}{\sigma_z^2}\right) \right] \dots\dots\dots(2.26)$$

Dengan:

- $C_L(x, y, z)$ = Konsentrasi pada titik (x,y,z) (gr/m³)
- Q = Beban emisi (gr/det)
- u = Kecepatan angin pada cerobong (m/s)
- σ_y = Koefisien dispersi sumbu y (m)
- σ_z = Koefisien dispersi sumbu z (m)
- y = Jarak tegak lurus terhadap arah angin (m)
- z = Ketinggian reseptor (m)
- h = Ketinggian cerobong dan *plum rise* (m)

Rumus modifikasi memiliki beberapa perbedaan yang terintegrasi sebagai berikut.

1. Stabilitas Pasquill pada rumus modifikasi dilakukan koreksi terhadap lapisan atmosfer khususnya ketinggian lapisan pencampuran. Stabilitas Pasquill hanya mempertimbangkan Planetary Boundary Layer (PBL) rata-rata pada wilayah tertentu pada modifikasi juga mempertimbangkan Urban Boundary Layer (UBL) spesifik pada Kota Surabaya.
2. Stabilitas atmosfer sudah terwakili dalam koefisien difusi (D_y dan D_z) dan koreksi kecepatan yang masuk dalam aplikasi konstanta difusi.
3. Koreksi terhadap arah angin dilakukan berdasarkan transformasi koordinat dari *line source* ke penerima.
4. Terdapat konstanta kinetika reaksi pencemar didasarkan pada reaksi fotokimia yang dipengaruhi oleh ketersediaan radiasi matahari untuk pencemar non konservatif.

2.6.6 Verifikasi Model

Verifikasi merupakan proses dalam menentukan apakah model yang dibuat beroperasi sesuai rancangan model konseptual yang direncanakan. Proses verifikasi pemodelan digunakan untuk mencari dimana letak kesalahan pada model (Herrel *et al.*, 2004). Menurut Assomadi (2016) model terbangun dinyatakan baik dan terverifikasi apabila nilai simpangan dan nilai korelasi dengan data

pembandingan mendekati nilai standar EPA. Standar EPA yaitu nilai simpangan 72%, nilai korelasi 0,572 dan nilai RMSE 14,2.

Sivacoumar *et al.* (2001) menyarankan penggunaan *root mean square error* (RMSE) untuk analisis statistik pengujian model. Nilai RMSE menunjukkan tingkat kesalahan hasil pemodelan terhadap hasil pengamatan. Tingkat kesalahan suatu model dikatakan rendah bila memiliki nilai total RMSE mendekati 0. Nilai RMSE dapat dihitung menggunakan rumus berikut (Russel dan Dennis, 2000):

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - obs_i)^2} \dots \dots \dots (2.27)$$

dengan:

y_i = Nilai model

obs_i = Nilai observasi

Metode lain yang dapat digunakan untuk menghitung nilai simpangan yaitu menggunakan *mean absolute error* (MAE). Nilai MAE adalah rata-rata nilai *absolute error* dari kesalahan meralamal (tidak dihiraukan tanda positif ataupun negatifnya) (Subagyo, 1986). Nilai MAE dapat dihitung dengan persamaan berikut (Russel dan Dennis, 2000):

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - obs_i| \dots \dots \dots (2.28)$$

dengan:

y_i = Nilai model

obs_i = Nilai observasi

Selain dilakukan verifikasi, untuk mengetahui performasi model perlu membandingkan data keluaran model dengan data aktual, salah satu metode statistika yang umum digunakan yaitu R (*Coefficient of Correlation*). Analisis korelasi adalah metode statistika yang digunakan untuk menentukan kuatnya atau derajat hubungan linier antara dua variable atau lebih. Semakin nyata hubungan linier (garis lurus), maka semakin kuat atau tinggi derajat hubungan lurus antarakedua variable atau lebih. Ukuran untuk derajat hubungan garis lurus dinamakan koefisien korelasi. Korelasi dilambangkan dengan r degan ketentuan harga $(-1 \leq r \leq 1)$. Apabila nilai $r = -1$ artinya korelasi negative sempurna, $r = 0$ artinya tidak ada korelasi dan $r = 1$ artinya korlasi sangat kuat. Nilai korelasi data dapat dihitung dengan persamaan berikut (Russel dan Dennis, 2000):

$$\text{Corr} = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})(\text{obs}_i - \overline{\text{obs}})}{\sqrt{(y_i - \bar{y})^2} \sqrt{(\text{obs}_i - \overline{\text{obs}})^2}} \dots \dots \dots (2.29)$$

dengan:

y_i = Nilai model

obs_i = Nilai observasi

2.6.7 Faktor Kalibrasi Model

Faktor kalibrasi diperlukan untuk mendapatkan nilai yang dekat antara model dengan kondisi lapangan. Faktor kalibrasi diterapkan jika hasil model mempunyai korelasi yang baik dengan data lapangan. Faktor kalibrasi dapat memberikan bobot dengan angka yang konsisten sehingga model dekat dengan data lapangan. Faktor kalibrasi dipengaruhi oleh perubahan kecepatan angin dan perubahan jarak dispersi. Berdasarkan penelitian hubungan faktor kalibrasi yaitu berbanding terbalik dengan x dan berbanding lurus dengan v , sehingga persamaannya sebagai berikut (Assomadi, 2016):

$$fk \approx \frac{v^n}{x^m}; \Rightarrow fk = k \frac{v^n}{x^m} \dots \dots \dots (2.30)$$

Nilai eksponen n dan m pada persamaan menyatakan bahwa korelasi k dengan v dan x belum tentu linier. Menggunakan metode *try and error* dan regresi, diperoleh nilai fk yang konsisten pada semua kondisi dengan persamaan berikut (Assomadi, 2016):

$$fk = \frac{(39,2 - 3,25v)v^2}{x} \dots \dots \dots (2.31)$$

2.6.8 Metode Overlay

Overlay adalah analisis spasial yang mengkombinasi dua peta tematik dengan area yang sama dan menghamparkan satu dengan yang lain untuk membentuk satu *layer* peta baru. Konsep overlay peta yaitu (Handayani *et al.*, 2005):

1. Alamat overlay peta merupakan hubungan interseksi dan saling melengkapi antara fitur-fitur spasial.
2. Overlay peta mengkombinasikan data spasial dan data atribut dari dua *theme* masukan.
Beberapa metode overlay yaitu (Handayani *et al.*, 2005):
1. Union

Fungsi analisis digunakan untuk membuat unsur spasial baru dengan melakukan tumpukan (overlay) dua unsur spasial.

2. **Interseksi/Irisan**
Fungsi interseksi akan menghasilkan unsur spasial baru yang merupakan irisan dari unsur-unsur spasial masukannya. Atribut dari unsur-unsur spasial yang beririsan akan digabungkan ke dalam unsur spasial baru yang dihasilkan.
3. **Identity**
Fungsinya membuat satu unsur spasial baru dengan melakukan overlay dua himpunan fitur. Keluaran unsur spasial berisi bagian dari identitas fitur unsur spasial yang meliputi masukan unsur spasial.
4. **Substract**
Fungsi ini menghilangkan atau menghapus unsur-unsur spasial yang beririsan (overlap) satu sama lain diantara dua unsur spasial.

2.7 Pengolahan Data

Untuk melengkapi data hilang maka diperlukan metode untuk menambahkan data. Metode yang dapat digunakan antara lain IPCC, 2007).

1. **Metode *Overlap***
Membuat data *time series* (yang hilang, *yo*) berdasarkan pola hubungan (atau *overlap*) data-data pengamatan antara dua sumber terdekat (*xo*) pada waktu yang sama.
2. ***Surrogate* Data**
Melakukan pendekatan data berdasarkan perubahan sumber (parameter) yang mempengaruhinya. Data-data yang hilang dapat didekati dengan membandingkan data yang diketahui dihubungkan sumber yang mempengaruhinya dengan data yang dicari dihubungkan dengan sumber yang berubah.
3. ***Interpolasi* Data**
Terdapat data sebelum dan data sesudah yang hilang untuk melakukan interpolasi berdasarkan kecenderungan data. Interpolasi juga dapat dilakukan dengan

menggunakan rata-rata data yang diketahui (sebelum dan sesudah data yang hilang)

4. *Ekstrapolasi Data*

Kecenderungan data yang konsisten akan memberikan data yang mempunyai kecenderungan tertentu. Data-data yang hilang di awal atau di akhir seri data dapat didekati dengan ekstrapolasi data dengan menggunakan kecenderungan data *series*.

Dalam pengolahan data juga diperlukan sorting data dengan tujuan memperoleh data yang konsisten. Untuk memperoleh data yang konsisten dapat menggunakan standar deviasi dan ditentukan *outlier* data. Standar deviasi merupakan metode untuk mengetahui sebaran data sampel dan mengetahui seberapa dekat tiap data dengan nilai rata-rata, berikut rumus standar deviasi.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^N (X_i - \mu)^2} \dots\dots\dots(2.32)$$

Dimana:

- σ = Standar deviasi populasi
- N = Jumlah data
- X_i = Data ke- i
- μ = Rata-rata data

2.8 WRPLOT View

WRPLOT View adalah windrose program untuk data meteorologi. Software ini menyediakan tampilan diagram windrose, analisis frekuensi dan diagram untuk beberapa format data meteorologi. Windrose menggambarkan frekuensi kejadian dari angin untuk setiap sektor angin spesifik dan kelas-kelas kecepatan angin untuk setiap tempat pada periode tertentu (Lakes Environmental, 2011).

Windrose adalah sebuah grafik yang memberikan gambaran tentang bagaimana arah dan kecepatan angin terdistribusi di sebuah lokasi dalam periode tertentu. Windrose merupakan representasi yang sangat bermanfaat karena dengan jumlah data yang sangat banyak namun dapat diringkas dalam sebuah diagram. Cara untuk menampilkan data angin bervariasi.

Beberapa penyajian menunjukkan kelebihan daripada yang lain. Akhir-akhir ini jenis windrose baru disajikan sehingga kemampuan bisa dipelajari (Crutcher, 1956).

2.9 MATLAB

MATLAB (Matrix Laboratory) adalah sebuah program untuk analisis dan komputasi numerik. Merupakan suatu bahasa pemrograman matematika lanjutan yang dibentuk dengan dasar pemikiran menggunakan sifat dan bentuk matriks (Arhami dan Desiani, 2005). Struktur data yang terdapat dalam MATLAB menggunakan matriks atau array berdimensi dua (double) yang dapat diselesaikan dengan pendekatan analitik (Holzbecher, 2012).

MATLAB sering digunakan untuk menyelesaikan masalah-masalah yang melibatkan operasi matematika elemen, matriks, optimasi, aproksimasi dan lain-lain. MATLAB banyak digunakan pada matematika dan komputasi, pengembangan dan algoritma, pemrograman modeling, simulasi, pembuatan *prototype*, analisa data, eksplorasi, visualisasi, analisis numerik dan statistik serta pengembangan aplikasi teknik (Arhami dan Desiani, 2005).

MATLAB tersusun dari 5 bagian utama, antara lain (MathWork, 2008):

1. *Development Environment*

Merupakan sekumpulan perangkat dan fasilitas yang membantu untuk menggunakan fungsi-fungsi dan file-file MATLAB. Beberapa perangkat ini merupakan sebuah *graphical user interfaces (GUI)*. Termasuk didalamnya adalah MATLAB desktop dan Command Window, *command history*, sebuah editor serta browsers.

2. *MATLAB Mathematical Function Library*

Merupakan sekumpulan algoritma komputasi mulai dari fungsi-fungsi dasar seperti: *sum*, *sin*, *cos*, dan *complex arithmetic*, sampai dengan fungsi-fungsi yang lebih kompleks seperti *matrix inverse*, *matrix eigenvalues*, *Bessel functions* dan *fast Fourier transforms*.

3. *MATLAB Language*

Merupakan suatu high-level matrix/array language dengan *control flow statements*, *functions*, *data structures*, *input/output* dan fitur-fitur *object-oriented programming*.

4. *Graphics*

MATLAB memiliki fasilitas untuk menampilkan vector dan matrices sebagai suatu grafik. Didalamnya melibatkan *high-level functions* (fungsi-fungsi level tinggi) untuk visualisasi data dua dimensi dan data tiga dimensi, image processing, animation, dan *presentation graphics*.

5. *MATLAB Application Program Interface (API)*

Merupakan suatu library yang memungkinkan program yang telah anda tulis dalam bahasa C dan Fortran mampu berinteraksi dengan MATLAB. Ini melibatkan fasilitas untuk pemanggilan *routines* dari MATLAB (*dynamic linking*), pemanggilan MATLAB sebagai sebuah *computational engine*, dan untuk membaca dan menuliskan MAT-files.

Pada tugas akhir ini, digunakan program Matlab R2013a dengan lisensi ITS (Nomor lisensi 872393, diunduh pada 10 Januari 2018)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Gambaran Umum

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan beban emisi SO_2 dari aktivisasi lalu lintas perkotaan di wilayah Surabaya Selatan di sekitar stasiun pemantau kualitas udara SUF 7 di Kebonsari dan mendapatkan pola persebaran emisi SO_2 yang dihasilkan dari aktivitas lalu lintas perkotaan di wilayah Surabaya Selatan. Pada penelitian ini, sumber garis majemuk yang digunakan adalah jalan raya pada radius 5 km dari SUF-7 sesuai dengan arahan BAPEDAL (2003) seperti terlihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Lokasi dan Radius Jangkauan SUF-7

Keterangan: ● SUF-7

Wilayah studi pada penelitian ini yaitu Surabaya Selatan. Wilayah Surabaya Selatan terdiri dari beberapa kecamatan yaitu Kecamatan Wonokromo, Kecamatan Wonocolo, Kecamatan Wiyung, Kecamatan Karangpilang, Kecamatan Gayungan, Kecamatan Dukuh Pakis dan Kecamatan Sawahan.

Wilayah studi dalam penelitian ini adalah beberapa ruas jalan di wilayah Surabaya Selatan. Berikut ini merupakan ruas jalan yang termasuk dalam wilayah studi, yang diatur dalam Peraturan Daerah Kota Surabaya No. 07/2003.

High Way (Tol) : Jalan Tol Surabaya-Gempol
 : Jalan Tol Waru-Juanda
 Jalan Arteri Primer : Jalan Raya Ahmad Yani
 : Jalan Raya Wonokromo
 Jalan Arteri Sekunder : Jalan Raya Jemursari
 : Jalan Jemur Andayani
 : Jalan Majend Sungkono
 Jalan Kolektor Primer : Jalan Raya Mastrip

Pemilihan ruas jalan arteri dikarenakan jalan arteri dialokasikan sebagai jalan jarak jauh serta kecepatan yang relatif tinggi (UU No. 38/ 2004).



Gambar 3. 2 Jalan Raya Lokasi Penelitian

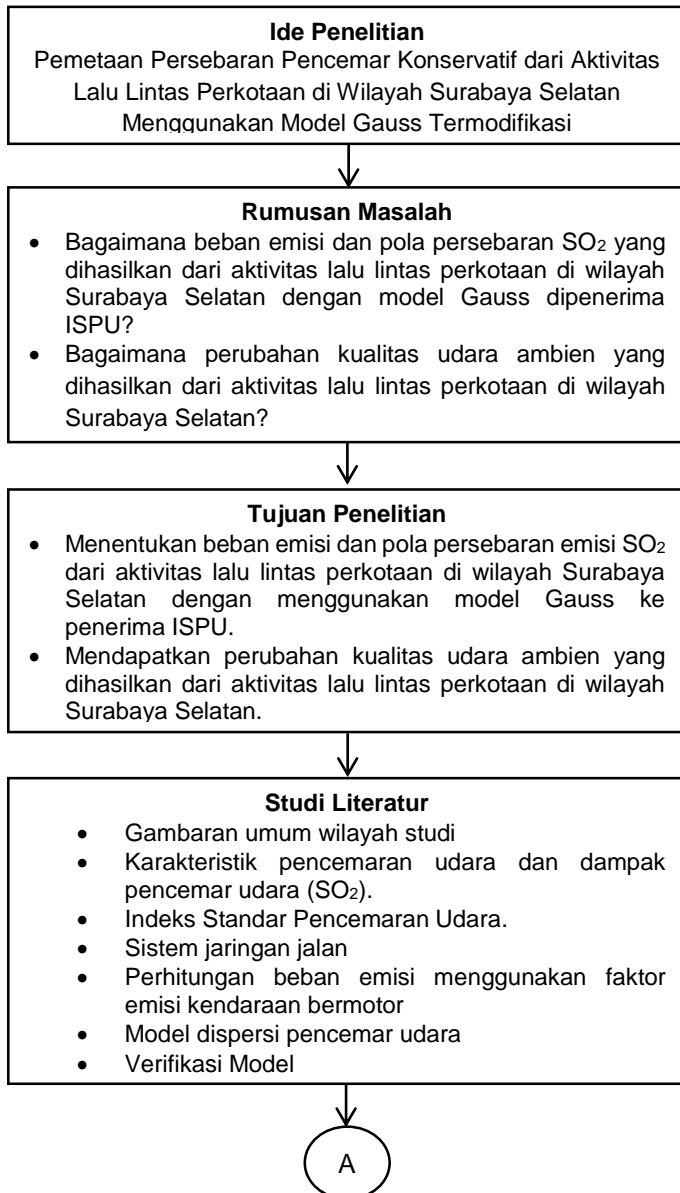
Keterangan: ● SUF-7

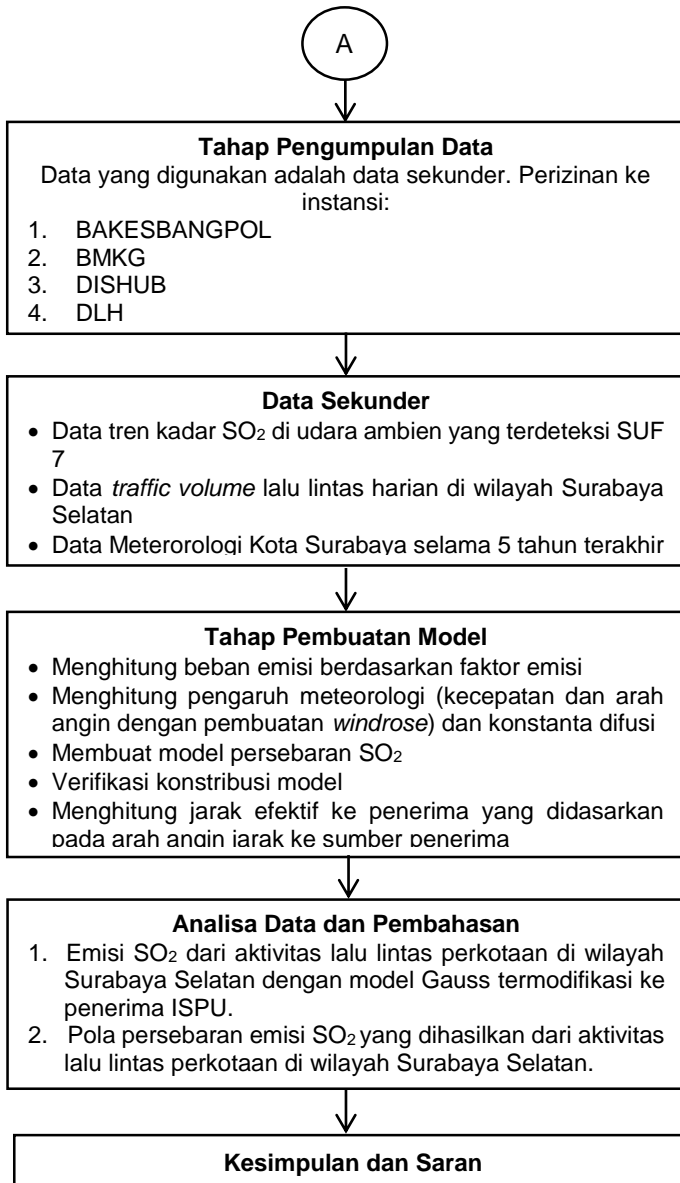
— Jalan Tol Surabaya-Porong	— Jalan Raya Jemursari
— Jalan Tol Waru-Juanda	— Jalan Jemur Andayani
— Jalan Raya Ahmad Yani	— Jalan Majend Sungkono
— Jalan Raya Wonokromo	— Jalan Mastrip

3.2 Prosedur Penelitian

Proses pendugaan dan analisis dispersi pada penelitian ini terbagi menjadi beberapa tahap kegiatan. Tahapan tersebut

mencangkup kegiatan pengumpulan data, pembuatan model prediksi serta aplikasi model pada studi kasus dan pembuatan kontur dispersi. Tahapan pengolahan dan analisis data penelitian, selengkapnya disajikan pada Gambar 3.3.





Gambar 3. 3 Diagram Alir Penelitian

3.2.1 Studi Literatur

Dalam penelitian ini tinjauan pustaka digunakan sebagai referensi dalam pemetaan model sebaran pencemar SO_2 . Referensi didapatkan dari jurnal, *text book* dan sumber lainnya. Dari referensi diperoleh sumber informasi yang berkaitan dengan penelitian yang meliputi data sebagai berikut:

1. Gambaran umum wilayah studi.
2. Karakteristik pencemaran udara dan dampak pencemar udara polutan SO_2 .
3. Indeks Standar Pencemaran Udara.
4. Sistem jaringan jalan.
5. Perhitungan beban emisi menggunakan faktor emisi kendaraan bermotor.
6. Model dispersi pencemar udara.
7. Verifikasi model.

3.2.2 Tahap Pengumpulan Data

Melakukan perizinan untuk kepentingan pengumpulan data pada instansi pemerintah dan penyedia data, antara lain:

1. Badan Kesatuan Bangsa dan Politik (Bakesbangpol) Kota Surabaya, sebagai perizinan permulaan untuk pengambilan data pada instansi pemerintah.
2. Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), untuk kepentingan data meteorologis.
3. Dinas Perhubungan (Dishub), untuk kepentingan data terkait klasifikasi jalan raya dan *traffic volume*.
4. Dinas Lingkungan Hidup (DLH), untuk kepentingan data tren kualitas udara di Kota Surabaya dan data meteorologis pada SUF-7.

3.2.3 Pengumpulan Data Sekunder

Data yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari instansi-instansi terkait. Berikut beberapa jenis data yang diperlukan terdapat pada Tabel 3.1.

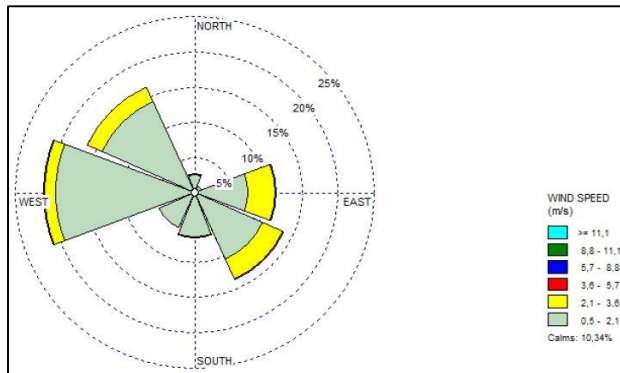
Tabel 3. 1 Jenis Data, Durasi Data dan Sumber Data

No.	Jenis Data	Metode Pengambilan Data	Durasi Data	Sumber Data
1.	Konsentrasi SO ₂ di wilayah Surabaya Selatan	Data Sekunder	2017	Dinas Lingkungan Hidup Kota Surabaya
2.	Data meteorologis, mencakup kecepatan dan arah angin, suhu, tekanan udara dan radiasi sinar matahari	Data Sekunder	5 Tahun (2012-2017)	Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika; Dinas Lingkungan Hidup Kota Surabaya
3.	Data volume kendaraan yang melalui wilayah Surabaya, data panjang jalan dan klasifikasi jalan wilayah Surabaya Selatan	Data Sekunder	2017	Dinas Perhubungan Kota Surabaya; Data penelitian terdahulu.

3.3 Pembuatan Model Dispersi

Tahap analisis data terdiri dari menentukan beban emisi, membuat model persebaran pencemar udara dan verifikasi data. Tahap pertama data yang akan dianalisis adalah data meteorologi Kota Surabaya. Analisis yang dilakukan yaitu tren arah dan kecepatan angin tahun 2017 pada 2 musim yaitu musim hujan (Oktober – Maret) dan musim kemarau (April – September). Keluaran analisis ini berupa *windrose* yang menggambarkan arah dan kecepatan angin dominan. Pembuatan *windrose* menggunakan WR Plot. *Windrose* adalah sebuah grafik yang memberikan gambaran tentang bagaimana arah dan kecepatan angin terdistribusikan disebuah lokasi dalam periode tertentu. *Windrose* merupakan representasi yang bermanfaat karena dapat mengolah data yang banyak menjadi sebuah diagram. *Windrose*

merupakan acuan dalam pembuatan skenario persebaran emisi SO₂. Contoh penyajian windrose ditunjukkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Pola Distribusi Kecepatan dan Arah Angin di SUF 7 Kebonsari

Sumber: Constantya, 2017

Pemodelan yang dilakukan berdasarkan skenario kecepatan angin dan musim. Skenario yang digunakan adalah kecepatan angin rendah, sedang dan tinggi. Sedangkan skenario musim yang digunakan adalah musim kemarau dan musim hujan. Berikut tabel skenario yang ditunjukkan pada Tabel 3.2

Tabel 3. 2 Skenario Model Dispersi

Musim	Kecepatan Angin		
	Rendah (1)	Sedang (2)	Tinggi (3)
Kemarau (K)	K1	K2	K3
Penghujan (P)	P1	P2	P3

Skenario kecepatan didasarkan pada kondisi meteorologis Kota Surabaya. Kondisi meteorologis Kota Surabaya didapatkan dari tiga stasiun pemantau yaitu Stasiun Juanda, Stasiun Perak I dan Stasiun Perak II.

Skenario kecepatan angin digunakan berdasarkan pada skala *Beaufort* dan dipilih skala yang menggambarkan kondisi kecepatan angin Kota Surabaya. Untuk kecepatan angin rendah skala yang diambil adalah skala 3, kecepatan angin rendah diambil skala 4, dan kecepatan angin tinggi diambil skala 5. Berikut Skenario kecepatan angin berdasarkan skala *Beaufort* ditunjukkan pada Tabel 3.3.

Tabel 3. 3 Skenario Kecepatan Angin berdasarkan Skala Beaufort

Nomor Beaufort	Kekuatan Angin	Kecepatan Rata-rata (km/jam)	Kecepatan Rata-rata (m/s)
3	Hembusan angin pelan	6 – 11	1,67 – 3,06
4	Hembusan angin sedang	12 – 19	3,33 – 5,28
5	Hembusan angin sejuk	20 – 29	5,56 – 8,06

Model persebaran dispersi dilakukan dengan bantuan piranti lunak Microsoft Excel sebagai *database* dan sebagai bantuan untuk melakukan permodelan secara matematis. Tahap selanjutnya adalah perhitungan beban emisi SO₂ dari aktivitas lalu lintas. Perhitungan beban emisi menggunakan *traffic volume* dalam kondisi puncak. Metode perhitungan beban emisi SO₂ didasarkan pada persamaan 2.13 dimana data yang dibutuhkan adalah *traffic volume* dan faktor emisi bahan bakar. Pada pembuatan model tidak ada pengaruh untuk jalan satu arah dan jalan dua arah dikarenakan polutan yang terlepas baik searah maupun dua arah dianggap sama. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

Beban emisi untuk suatu polutan dari kendaraan pada suatu segmen jalan dapat dihitung dengan:

$$Q = n \times FE \times L \dots\dots\dots(3.1)$$

Keterangan:

Q = kekuatan emisi (gram/jam)

n = jumlah kendaraan (kendaraan/jam)

FE = faktor emisi SO₂ (gram/km)

L = panjang jalan (km)

Perbedaan rata-rata kecepatan menentukan beban emisi setiap kendaraan sehingga diperlukan koreksi beban emisi. Koreksi beban emisi sumber transportasi dilakukan dengan menambahkan faktor kalibrasi. Faktor kalibrasi dapat mengakomodasi kondisi lapangan yang sulit digambarkan dalam model, seperti frekuensi pengereman dan tarikan gas, adanya pemberhentian kendaraan, adanya kemacetan dan sebagainya (Assomadi, 2016).

Kecepatan rata-rata kendaraan didasarkan pada derajat kejenuhan (DS). DS adalah ukuran utama yang digunakan untuk menentukan tingkat kinerja segmen jalan. Nilai DS menunjukkan kualitas arus lalu lintas dan bervariasi antara nol sampai dengan satu (Kementrian Pekerja Umum, 2014).

Keluaran dari analisis ini berupa beban emisi yang dihasilkan dari aktivitas jalan raya pada kondisi puncak untuk mengetahui pola persebaran pada kondisi puncak. Beban emisi pencemar digunakan sebagai dasar analisis persebaran pencemar SO₂.

Tahap berikutnya adalah membuat model persebaran pencemar SO₂ dan membangun koefisien dengan cara pembuatan *script* pada MATLAB. Data yang diperlukan dalam pembuatan model adalah data koordinat jalan, yang didapatkan menggunakan GPS. Data dari GPS diketahui koordinat bujur dan lintangnya. Kemudian dilakukan pencarian perbedaan longitude dan latitude untuk menentukan jarak perpindahan dan sudut perpindahannya. Data ini diperlukan untuk menghitung panjang jalan, sudut jalan dan jarak antara sumber dengan penerima. Sudut angin juga dikoreksi terhadap sudut jalan raya dengan persamaan 2.15-2.17. Kemudian, koordinat reseptor ditransformasi terhadap koordinat jalan raya yang dimodelkan dengan persamaan 2.18 dan 2.19. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut.

Gradien jalan (m) dan sudut arah jalan dari N (A):

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}, \quad A = \text{atan}(m) \dots \dots \dots (3.2)$$

Konstanta pada garis jalan (k)

$$k = y_1 - mx_1 \dots \dots \dots (3.3)$$

Selisih sudut jalan dengan arah angin (B)

$$B = \alpha - 90 + A \dots \dots \dots (3.4)$$

Jarak penerima dengan jalan searah angin (d)

$$d = \frac{((mx_1 + k - y) / \sqrt{(1 + m^2)})}{\sin B} \dots \dots \dots (3.5)$$

Titik potong garis angin melewati pengamat dengan jalan
J1 (x_1, y_1) = (x_e, y_e)

$$x_e = \frac{m_a x - mx_1 - y + y_1}{m_a - m}, \quad y_e = m_1(x_e - x_1) + y_1 \dots \dots \dots (3.6)$$

Dasar model yang digunakan adalah pendekatan model distribusi pencemaran di perkotaan. Persamaan yang digunakan

untuk membuat model persebaran adalah persamaan 2.19. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{\sqrt{2\pi D_z x}} \left(\exp\left(\frac{-(z-H)^2 v}{4 D_z x}\right) + \exp\left(\frac{-(z+H)^2 v}{4 D_z x}\right) \right) \left(\exp\left(\frac{-\lambda x}{v}\right) \left[\operatorname{erf}\left(\frac{\sin\theta\left(\frac{L}{2}-y\right)}{\sqrt{2 D_z x}}\right) + \operatorname{erf}\left(\frac{\sin\theta\left(\frac{L}{2}+y\right)+x \cos\theta}{\sqrt{2 D_y x}}\right) \right] \right) \dots\dots\dots(3.7)$$

Dengan :

- $C_L(x, y, z)$ = Konsentrasi pada titik (x, y, z) (gr/m³)
- Q = Beban emisi (gr/det)
- x = Jarak searah angin (m)
- z = Ketinggian reseptor (m)
- H = Tinggi efektif sumber dari permukaan (m)
- v = Kecepatan angin (m/det)
- λ = Konstanta laju reaksi
- D_z, D_y = Konstanta difusi (m²/det)

Dimana H (tinggi efektif sumber dari permukaan) adalah ketinggian rata-rata knalpot dari permukaan dan z (ketinggian reseptor) adalah ketinggian SUF.

Konstanta difusi (D_z, D_y) secara umum sudah mewakili stabilitas atmosfer dalam persamaan model dan koreksi kecepatan yang masuk dalam aplikasi konstanta difusi, konstanta ini digunakan untuk stabilitas atmosfer A, B, C dan D. Nilai konstanta difusi diperoleh dari penelitian terdahulu pada Kota Surabaya. Berikut konstanta difusi ditunjukkan pada Tabel 3.4.

Tabel 3. 4 Parameter yang Digunakan dalam Model

No	Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
1	Konstanta dispersi arah horizontal	D_y	200	m ² /s
2	Konstanta dispersi arah vertikal	D_z	400	m ² /s
3	Temperatur ambien	T_o	30	C

Sumber : Assomadi, 2016

Langkah berikutnya adalah melakukan verifikasi hasil model terbangun. Hasil pemodelan di verifikasi menggunakan teori yang ada dan data emisi yang tercatat pada stasiun pemantau SUF 7. Dimana data yang digunakan adalah tahun 2017 dari data

stasiun pemantau SUF 7. Data SUF perlu dilihat kalibrasi data dan diambil data yang stabil dan konstan berdasarkan tren data. Berdasarkan standar EPA nilai yang dipebolehkan yaitu memiliki nilai simpangan 72% dan nilai korelasi 0,572. Metode verifikasi dapat dilakukan dengan RMSE (*root mean square error*). Apabila tidak sesuai maka dilakukan koreksi terhadap model terbangun. Apabila sudah memenuhi target maka model yang terbangun dapat digunakan sebagai input data kualitas udara wilayah Surabaya Selatan dari aktivitas lalu lintas. Sivacoumar *et al.* (2001) menyarankan penggunaan *root mean square error* (RMSE) untuk analisis statistik pengujian model. Nilai RMSE menunjukkan tingkat kesalahan hasil pemodelan terhadap hasil pengamatan. Nilai RMSE dapat dihitung menggunakan rumus berikut (Russel dan Dennis, 2000):

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_1^n (y_i - obs_i)^2} \dots\dots\dots (3.8)$$

dengan:

y_i = Nilai model

obs_i = Nilai observasi

Selain dilakukan verifikasi, untuk mengetahui performansi model perlu membandingkan data keluaran model dengan data aktual, salah satu metode statistika yang umum digunakan yaitu R (*Coefficient of Correlation*). Analisis korelasi adalah metode statistika yang digunakan untuk menentukan kuatnya atau derajat hubungan linier antara dua variable atau lebih. Nilai korelasi data dapat dihitung dengan persamaan berikut (Russel dan Dennis, 2000):

$$Corr = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})(obs_i - \bar{obs})}{\sqrt{(y_i - \bar{y})^2} \sqrt{(obs_i - \bar{obs})^2}} \dots\dots\dots (3.9)$$

dengan:

y_i = Nilai model

obs_i = Nilai observasi

Apabila tidak sesuai maka dilakukan koreksi terhadap model terbangun. Koreksi faktor kalibrasi model. Persamaan faktor kalibrasi yang digunakan berdasar penelitian terdahulu adalah sebagai berikut (Assomadi, 2016).

$$fk = \frac{(39,2 - 3,25 \cdot v)^2}{x} \dots\dots\dots (3.10)$$

dengan:

- x = Jarak searah angin (m)
v = Kecepatan angin (m/det)

3.4 Pembuatan Kontur Dispersi

Langkah yang dilakukan untuk membuat model persebaran adalah:

1. Membagi *grid* persebaran emisi

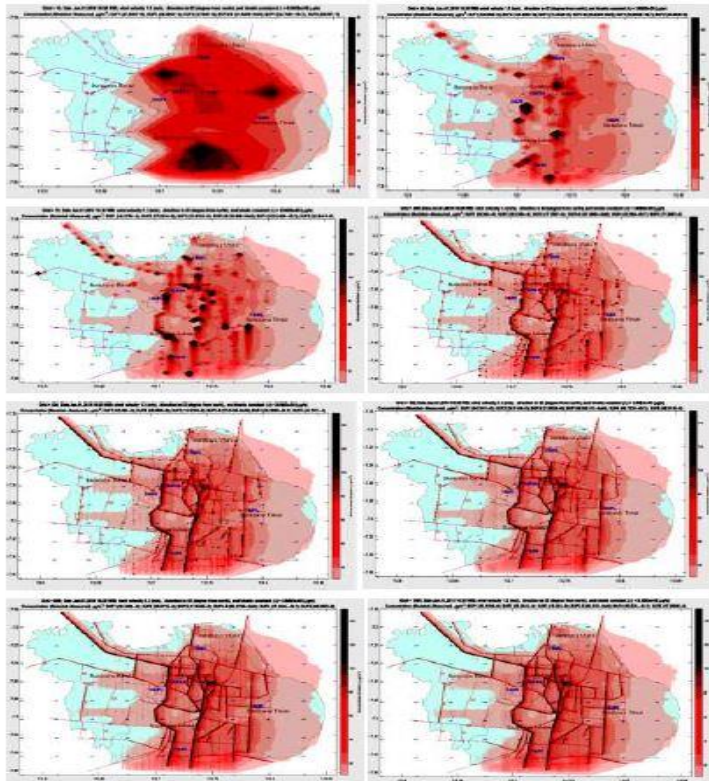
Pembagian *grid* bertujuan untuk menetapkan lokasi-lokasi reseptor persebaran emisi dari aktivitas jalan raya. Pembagian *grid* dilakukan pada wilayah Surabaya Selatan dengan pusat emisi ada di jalan yang telah ditetapkan. Penentuan jumlah *grid* digunakan untuk mendapatkan resolusi yang baik pada pola sebaran.

2. Membuat pola persebaran

Setelah diketahui konsentrasi polutan di berbagai *grid*, selanjutnya dibuat kontur dispersi. Kontur dispersi ini akan memberikan gambaran informasi mengenai nilai konsentrasi pada area penelitian melalui garis kontur yang saling terhubung pada area yang memiliki nilai konsentrasi yang sama.

Data yang digunakan dalam pembuatan kontur dispersi adalah titik-titik penerima hasil perhitungan konsentrasi. Garis kontur yang merepresentasikan besaran nilai konsentrasi tertentu diberi identitas berupa warna. Warna tersebut akan mewakili kondisi kualitas udara pada wilayah studi. Peta kontur persebaran emisi berdasarkan 8 arah mata angin sesuai *windrose* Kota Surabaya. Angin sendiri merupakan besaran vektor yang mempunyai arah dan kecepatan. Arah angin dapat dinyatakan dalam 8 derajat yaitu 360°/0° (utara), 45° (timur laut), 90° (timur), 135° (tenggara), 180° (selatan), 225° (barat daya), 270° (barat) dan 315° (barat laut) (Tjasyono, 1999). Selanjutnya peta persebaran di *overlay*, metode *overlay* yang dipilih yaitu metode union. Metode union yaitu fungsi analisis digunakan untuk membuat unsur spasial baru dengan melakukan tumpukan (*overlay*) dua unsur spasial. Berdasarkan *overlay* didapatkan peta persebaran emisi SO₂ berdasarkan konsentrasinya terhadap reseptor di wilayah Surabaya Selatan.

Berikut contoh pola pola sebaran dispersi pada beberapa variasi grid yang ditunjukkan pada Gambar 3.5.



Gambar 3. 5 Contoh Pola Sebaran Dispersi pada Variasi Grid
Sumber: Assomadi, 2016

3.5 Analisa Data dan Pembahasan

Pembahasan dilakukan berdasarkan analisis data hasil perhitungan konsentrasi dan peta kontur wilayah penelitian. Perhitungan konsentrai polutan dilakukan pada waktu yang berbeda yakni musim hujan dan musim kemarau. Berdasarkan analisis data didapatkan hasil pemodelan dengan nilai konsentrasi sebaran polutan yang berbeda-beda pada kondisi tersebut sesuai

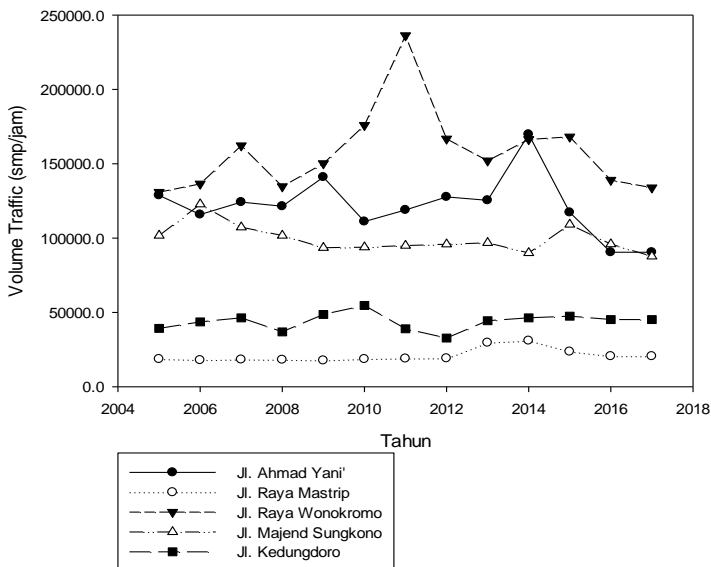
dengan faktor-faktor yang berpengaruh. Setelah diketahui nilai sebaran polutan pada titik-titik penerima pada dua kondisi waktu yang berbeda, selanjutnya dibuat kontur dispersi polutan SO_2 pada wilayah Surabaya Selatan.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Lalu Lintas

Berdasarkan data sekunder Dinas Perhubungan Kota Surabaya tahun 2017 volume kendaraan pada wilayah Surabaya Selatan cenderung mengalami peningkatan. Dengan peningkatan volume kendaraan per tahun pada tahun 2005-2017 di jalan yang di survey pada wilayah Surabaya Selatan meliputi Jalan Ahmad Yani sebesar 0,18%, Jalan Wonokromo sebesar 6,70%, Jalan Raya Mastrip sebesar 4,48%, Jalan Majend Sungkono sebesar 8,54% dan Jalan Kedungdoro sebesar 3,29%. Berikut grafik kenaikan volume kendaraan yang ditunjukkan pada Gambar 4.1.

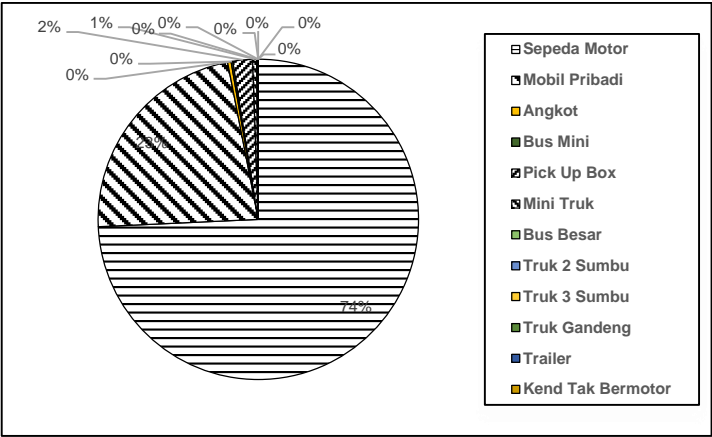


Gambar 4. 1 Tren Volume Lalu Lintas Harian Surabaya Selatan
Sumber: Dinas Perhubungan Kota Surabaya, 2017

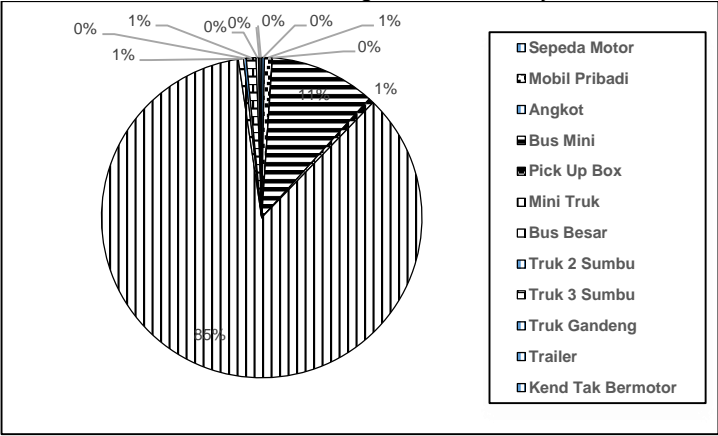
Dari tren data pada Gambar 4.1 dapat diketahui volume kendaraan cenderung fluktuatif tiap tahunnya. Volume lalu lintas terbesar yaitu pada Jalan Ahmad Yani dan Jalan Raya

Wonokromo. Hal ini karena kedua jalan tersebut merupakan jalan menuju Kota Surabaya dari kota disekitarnya seperti Kota Sidoarjo, Kota Gresik dan Kota Mojokerto.

Berikut volume LHR (Lalu Lintas Harian Rata-rata) tiap jenis kendaraan tahun 2017 pada Jalan Ahmad Yani dan Jalan Mastrip yang di survey ditunjukkan pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3.



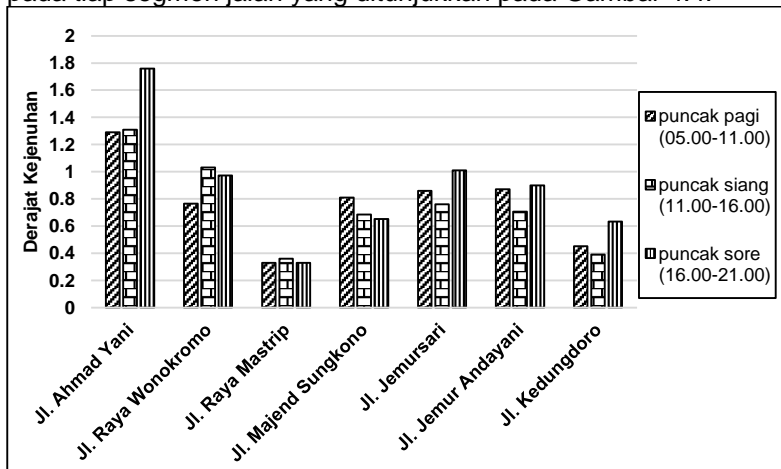
Gambar 4. 2 Volume LHR Jalan Ahmad Yani
Sumber: Dinas Perhubungan Kota Surabaya, 2017



Gambar 4. 3 Volume LHR Jalan Mastrip
Sumber: Dinas Perhubungan Kota Surabaya, 2017

Berdasarkan grafik diatas, volume LHR pada Surabaya Selatan dipengaruhi oleh jumlah kendaraan roda dua (sepeda motor) yang ditunjukkan dengan prosentase terbesar pada setiap jalan, selanjutnya yaitu mobil pribadi. Dari grafik juga dapat diketahui pada Jalan Mastrip terdapat perbedaan dari jalan yang lain yaitu volume LHR untuk jenis kendaran pick up dan mini truk yang prosentasenya lebih besar dari jalan lain. Hal tersebut dikarenakan lokasi Jalan Mastrip berada pada Kecamatan Karang Pilang, dimana Kecamatan Karang Pilang menurut Unit Pengembangan Wiyung merupakan kawasan industri (Budiono *et al.*, 2017).

Indikator kondisi lalu lintas lainnya adalah derajat kejenuhan (DS) dari tiap jalan. Derajat kejenuhan menggambarkan tingkat kinerja segmen jalan. Nilai mendekati nol menunjukkan arus yang tidak jenuh, sedangkan nilai yang mendekati 1 menunjukkan arus pada kondisi kapasitas. Berikut nilai grafik DS pada tiap segmen jalan yang ditunjukkan pada Gambar 4.4.



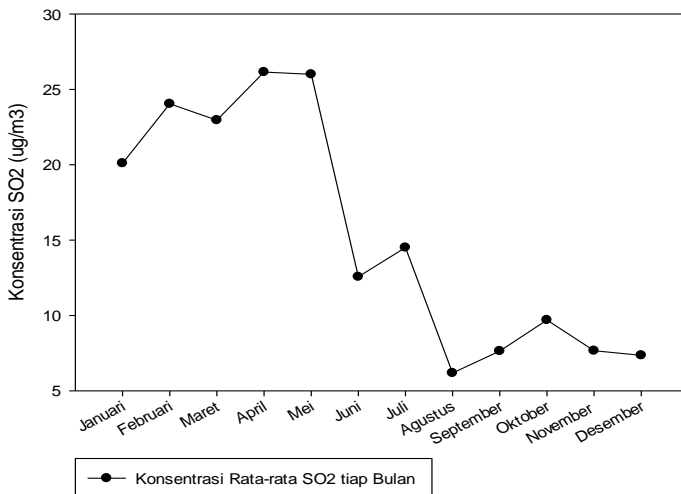
Gambar 4. 4 Derajat Kejenuhan tiap Jalan
Sumber: Dinas Perhubungan Kota Surabaya, 2017

Berdasarkan grafik tersebut menunjukkan bahwa setiap jalan di wilayah Surabaya Selatan memiliki jam puncak tersendiri. Pada Jalan Ahmad Yani, Jalan Jemursari, Jalan Jemur Andayani dan Jalan Kedungdoro memiliki jam puncak sore hari. Pada Jalan

Raya Wonokromo dan Jalan Raya Mastrip memiliki jam puncak siang hari. Sedangkan pada Jalan Majend Sungkono memiliki jam puncak pada pagi hari. Nilai derajat kejenuhan yang melebihi angka 1 menunjukkan bahwa arus lalu lintas melebihi kapasitas jalan.

4.2 Kondisi Kualitas Udara

Data kualitas udara diperoleh dari Dinas Lingkungan Hidup tahun 2017. Data yang digunakan yaitu data pada SU7 yang berlokasi pada Kelurahan Kebonsari dengan koordinat SUF yaitu 07 19 Lintang Selatan dan 112 42 Bujur Timur. Stasiun Kebonsari beroperasi sejak tahun 2013 menggantikan stasiun sebelumnya (Stasiun Gayungan). Stasiun ini dikhususkan untuk mewakili area transportasi karena dekat dengan jalan tol Surabaya-Gempol dan mewakili area pemukiman. Data kualitas udara yang digunakan dalam penelitian yaitu data parameter SO_2 tahun 2017. Berikut grafik data kualitas udara untuk pencemar SO_2 dengan rata-rata tiap bulan yang ditunjukkan pada Gambar 4.5.

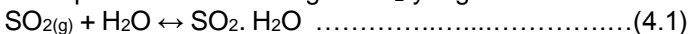


Gambar 4. 5 Tren Pencemar SO_2 Tiap Bulan pada Tahun 2017
Sumber: Dinas Lingkungan Hidup Kota Surabaya, 2017

Dari tren data pada Gambar 4.2 dapat diketahui kecenderungan data tiap bulan pada tahun 2017 bersifat fluktuatif. Pada tahun 2017 dapat dilihat tren data pada musim kemarau konsentrasi pencemar SO₂ tinggi, sedangkan pada data musim hujan konsentrasi pencemar SO₂ rendah. Data tertinggi yaitu rata-rata konsentrasi SO₂ pada bulan april sebesar 26,15 µg/m³, sedangkan rata-rata konsentrasi SO₂ terendah pada bulan agustus sebesar 6,2 µg/m³.

Konsentrasi SO₂ yang rendah disebabkan adanya *flushing* pada musim hujan dimana pencemar yang berada di udara lebih cepat untuk mencapai konsentrasi lebih rendah sehingga kondisi udara ambien konsentrasinya kecil (Wisi, 2012). SO₂ mudah larut dalam air dan memiliki kelarutan dalam air sebesar 11,3 g/100 ml pada 68°F (20°C) (AATSDR, 2014). Kelarutan SO₂ dalam air dipengaruhi oleh suhu, semakin tinggi suhu maka kelarutan SO₂ dalam air semakin rendah (Seinfeld, 1986 dalam Anggraeni, 2008).

Pada saat hujan terjadi proses disolusi, SO₂ terhidrolisis mengakibatkan molekul SO₂ akan berkombinasi dengan molekul air dan membentuk satu molekul SO₂.H₂O yang merepresentasikan konsentrasi gas SO₂ yang larut dalam air. Sulfur dioksida terlarut SO₂.H₂O, berdisosiasi dua kali untuk membentuk ion sulfit dan ion bisulfit. Persamaan berikut menunjukkan proses konsentrasi gas SO₂ yang larut dalam air.

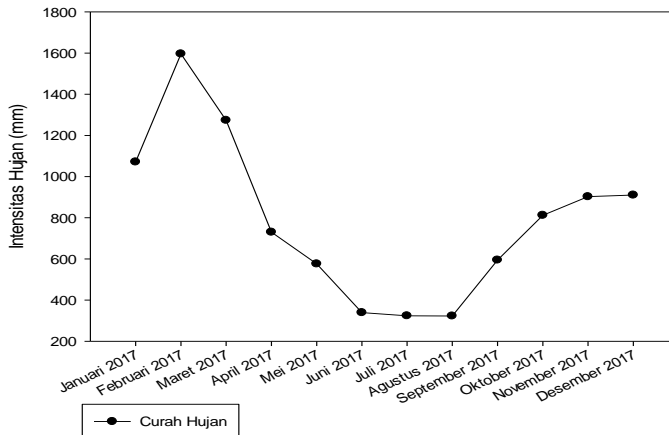


(Sumber: Seinfeld, 1986 dalam Anggraeni, 2008)

4.3 Analisis Data Meteorologi

4.3.1 Kondisi Meteorologi Kota Surabaya

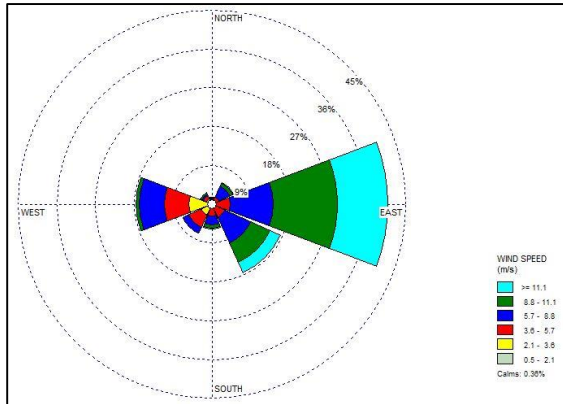
Kondisi meteorologi Kota Surabaya diperoleh dari stasiun pemantau yaitu Badan Meteorologi dan Geofisika (BMKG) yaitu BMKG Perak I, BMKG Perak II dan BMKG Perak III. Data BMKG ini digunakan untuk menentukan iklim. Pembagian iklim dapat ditentukan berdasarkan pada pola curah hujan tahunan (Aldrian, 2001). Berikut pola hujan Kota Surabaya tahun 2017 ditunjukkan pada Gambar 4.6.



Gambar 4. 6 Pola Curah Hujan Kota Surabaya Tahun 2017
 Sumber: Badan Meteorologi dan Geofisika Kota Surabaya, 2017

Berdasarkan data BMKG tahun 2017, curah hujan Kota Surabaya dominan terjadi musim hujan yaitu bulan Oktober-Maret. Pada data tersebut terdapat nilai curah hujan rata-rata perbulan paling rendah yaitu 322,5484 mm pada bulan Agustus dan rata-rata perbulan paling tinggi yaitu 1596,379 mm pada bulan Februari. Berdasarkan data tersebut musim kemarau terjadi pada bulan April – September. Berdasarkan BMKG pada Buku Prakiraan Musim (2017) pembagian musim berdasarkan pola distribusi curah hujan dan pembagian daerah, musim kemarau untuk wilayah Surabaya Barat dan sekitarnya dimulai pada bulan April.

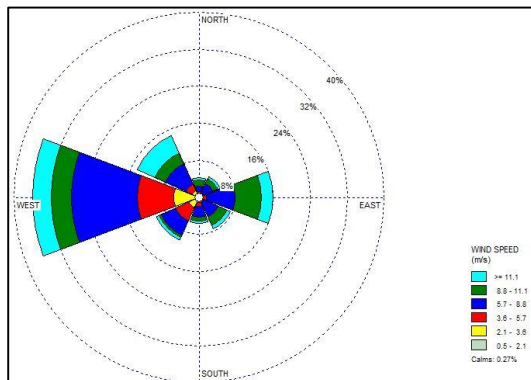
Kondisi meteorologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah kecepatan angin dan arah angin pada musim kemarau dan musim hujan. Selanjutnya data ini dibuat *windrose* yang akan digunakan dalam skenario penelitian. Berikut *windrose* pada musim kemarau dan hujan yang ditunjukkan pada Gambar 4.7 dan 4.8.



Gambar 4. 7 Pola Distribusi dan Kecepatan Angin pada Musim Kemarau
Data BMKG

Sumber: Badan Meteorologi dan Geofisika Kota Surabaya, 2017

Berdasarkan windrose 8 arah mata angin dapat diketahui arah dominan pada musim kemarau dari arah timur (90°) ke arah barat (270°). Hal ini konsisten dengan pergerakan angin muson timur ketika musim kemarau. Dengan kecepatan angin terbesar 11,1 m/s, kecepatan rata-rata 5,7-8,8 m/s dan kecepatan terendah 0,5-2,1 m/s.



Gambar 4. 8 Pola Distribusi dan Kecepatan Angin pada Musim Hujan
Data BMKG

Sumber: Badan Meteorologi dan Geofisika Kota Surabaya, 2017

Berdasarkan windrose 8 arah mata angin dapat diketahui arah dominan pada musim hujan dari arah barat (270°) ke arah timur (90°). Hal ini konsisten dengan pergerakan angin muson barat ketika musim hujan. Dengan kecepatan angin terbesar 11,1 m/s, kecepatan rata-rata 5,7-8,8 m/s dan kecepatan terendah 0,5-2,1 m/s.

4.3.2 Kondisi Meteorologi Lokal

Kondisi meteorologi lokal yang digunakan yang dalam pemodelan adalah data kecepatan angin dan arah angin yang memiliki data interval 30 menit setiap hari. Penggunaan data meteorologi lokal ini berfungsi sebagai verifikasi antara model yang dihasilkan dengan data hasil monitoring SUF 7. Berikut pola kecepatan angin lokal tahun 2017 yang ditunjukkan pada Tabel 4.1

Tabel 4. 1 Kecepatan Angin Lokal Tahun 2017

Bulan	Rata-rata Kecepatan Angin (m/s)
Januari	1.307651
Februari	1.40389
Maret	0.983018
April	0.80932
Mei	1.019455
Juni	1.01615
Juli	1.131339
Agustus	1.265966
September	1.292539
Oktober	1.012767
November	0.85519
Desember	1.115182

Sumber: Dinas Lingkungan Hidup Kota Surabaya, 2017

Berdasarkan data diatas dapat diketahui bahwa rata-rata kecepatan angin lokal hasil pengukuran SUF 7 memiliki rata-rata kecepatan angin yang relatif konstan.

Berikut pola arah angin lokal tahun 2017 yang ditunjukkan pada Tabel 4.2.

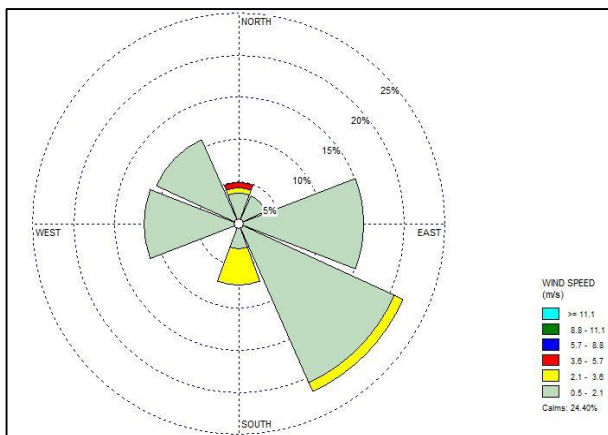
Tabel 4. 2 Arah Angin Lokal Tahun 2017

Bulan	Rata-rata Arah Angin
Januari	270.35
Februari	259.27
Maret	238.61
April	204.04
Mei	169.55
Juni	153.89
Juli	174.91
Agustus	171.05
September	163.89
Oktober	190.83
November	204.13
Desember	257.17

Sumber: Dinas Lingkungan Hidup Kota Surabaya, 2017

Berdasarkan data diatas dapat disimpulkan bahwa kecenderungan data pada musim hujan (Oktober –Maret) rata-rata angin bulanan menuju dari arah barat ke arah timur. Berbeda pada saat musim kemarau (April-September) kecenderungan data arah angin dari arah timur ke barat. Data kecepatan angin dan arah angin dapat dilihat pada Lampiran 1.

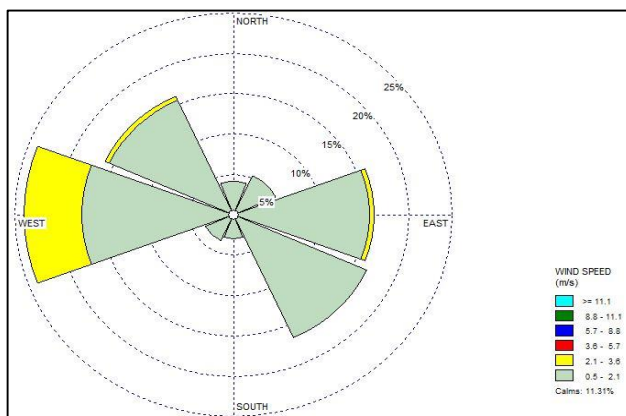
Selanjutnya membuat *windrose* pada data harian yang terpilih hal ini untuk mengetahui arah angin dominan saat pada pemodelan hari yang dipilih. Berikut adalah *windrose* kondisi meteorologi yang tercatat di SUF 7 pada data harian terpilih itunjukkan pada Gambar 4.9 dan Gambar 4.10.



Gambar 4. 9 Pola Distribusi dan Kecepatan Angin pada Musim Kemarau pada SUF 7

Sumber: Dinas Lingkungan Hidup Kota Surabaya, 2017

Berdasarkan gambar *windrose* harian data terpilih pada musim kemarau menunjukkan arah angin dominan bergerak dari arah tenggara (135°).



Gambar 4. 10 Pola Distribusi dan Kecepatan Angin pada Musim Hujan pada SUF 7

Sumber: Dinas Lingkungan Hidup Kota Surabaya, 2017

Berdasarkan gambar *windrose* harian data terpilih pada musim hujan menunjukkan arah angin dominan bergerak dari arah barat (270°).

4.4 Pengolahan Data Sekunder

4.4.1 Pengolahan Data Lalu Lintas

Data lalu lintas diperoleh dari Dinas Perhubungan Kota Surabaya tahun 2017 untuk Jalan Raya Ahmad Yani, Jalan Raya Wonokromo, Jalan Majend Sungkono dan Jalan Raya Mastrip. Data yang di dapat adalah *data traffic counting* pada tahun 2017 berupa data tiap 10 menit dari pukul 05.00 hingga 21.00 WIB. Volume selama 16 jam merupakan volume sebesar 93% dari total sehari penuh. Data lalu lintas Jalan Raya Jemursari dan Jalan Jemur Andayani diperoleh dari publikasi. Data lalu lintas Jalan Tol Surabaya–Porong didapat dari PT. Jasa Marga. Data lalu lintas Jalan Tol Waru-Juanda didapat dari PT. Citra Margatama Surabaya. Data dari PT Jasa Marga dan PT. Citra Margatama Surabaya pada jalan tol tahun 2017 berupa data tiap 1 jam dalam 24 jam. Data lalu lintas dapat dilihat pada Lampiran 2.

Berikut ini merupakan ruas jalan yang termasuk dalam wilayah studi. Tipe jalan yang dipilih yaitu jalan arteri primer, arteri sekunder dan kolektor primer, jalan yang memiliki kecukupan data yang dipilih. Tipe jalan diatur dalam Peraturan Daerah Kota Surabaya No. 07/2003.

Tabel 4. 3 Ruas Jalan yang Digunakan dalam Wilayah Studi

No.	Nama Jalan	Tipe Jalan
1.	Jalan Tol Surabaya-Gempol	Tol (<i>highway</i>)
2.	Jalan Tol Waru-Juanda	Tol (<i>highway</i>)
3.	Jalan Ahmad Yani	Arteri Primer
4.	Jalan Raya Wonokromo	Arteri Primer
5.	Jalan Majend Sungkono	Arteri Sekunder
6.	Jalan Raya Jemursari	Arteri Sekunder
7.	Jalan Jemur Andayani	Arteri Sekunder
8.	Jalan Kedungdoro	Arteri Sekunder
9.	Jalan Raya Mastrip	Kolektor Primer

Sumber: Peraturan Derah Kota Surabaya No.7, 2003

4.4.2 Pengolahan Data SUF untuk Verifikasi Model

Data SUF 7 yang digunakan yaitu data pencemar SO₂ pada tahun 2017. Data dibagi kedalam musim hujan (Oktober –

Maret) dan musim kemarau (April – September). Data yang digunakan pada musim kemarau yaitu pada bulan april-september dan data pada musim hujan yaitu pada bulan oktober-desember. Pemilihan data yang digunakan adalah berdasarkan kriteria berikut:

- 1) Sesuai dengan literatur atau data yang terpublikasi, yaitu data konsentrasi rata-rata pencemar SO₂ di kota-kota besar terutama Kota Surabaya.
- 2) Data yang dipilih merupakan data yang masuk dalam rentang standar deviasi.
- 3) Kelengkapan data pada parameter kualitas udara pencemar SO₂ dan parameter meteorologis (kecepatan angin dan arah angin)
- 4) Data yang dipilih adalah data selama 7 hari dimana data tersebut mewakili kondisi selama satu minggu (senin-minggu)

Berdasarkan Kusminingrum dan Gunawan (2008), kondisi rata-rata konsentrasi SO₂ di Kota Surabaya adalah pada interval 25,84 µg/m³-1292,20 µg/m³. Berdasarkan kondisi tersebut data yang dipilih nantinya berada pada interval tersebut.

Selanjutnya dibuat grafik deviasi pada dua musim yang digunakan, data yang digunakan yaitu rata-rata konsentrasi SO₂ perhari. Data diluar standar deviasi ditetapkan sebagai data *outlier* dan data tersebut tidak digunakan. Sedangkan data yang berada pada range standar deviasi akan digunakan dan dipilih berdasarkan kelengkapan data.

Berikut perhitungan pembuatan grafik standar deviasi pada bulan kemarau (april-september) 2017.

Diketahui :

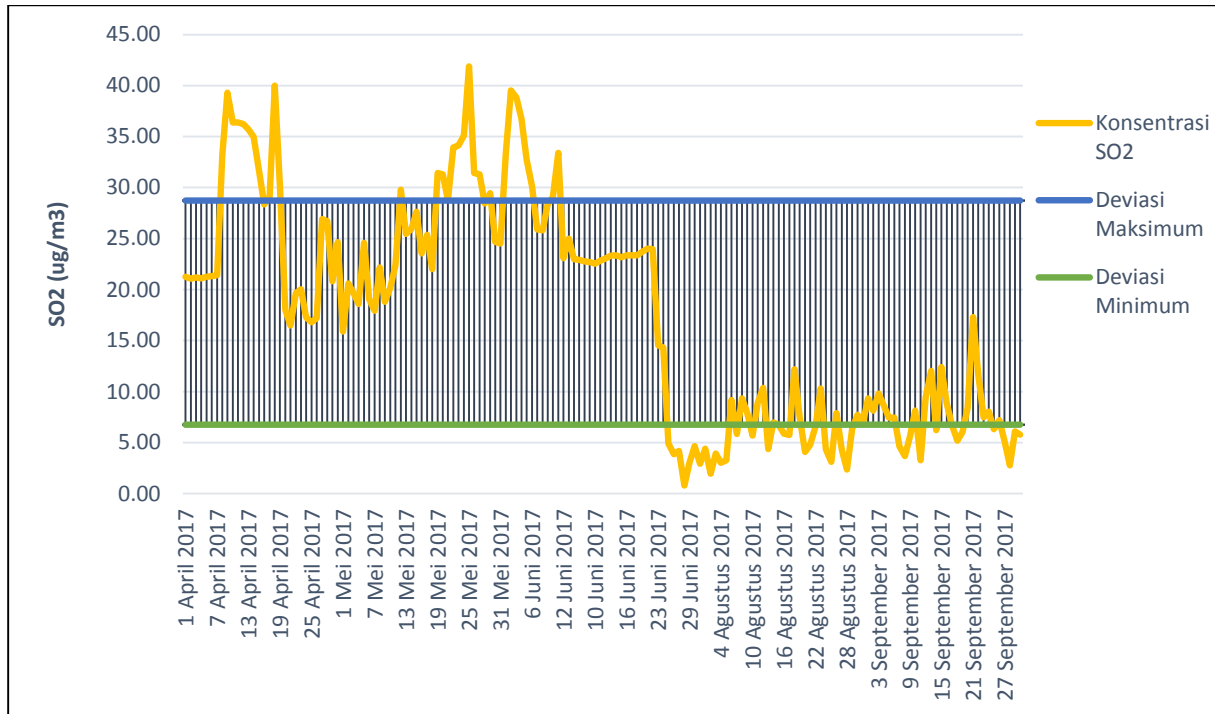
Standar deviasi = 10,98

Rata-rata data = 17,74

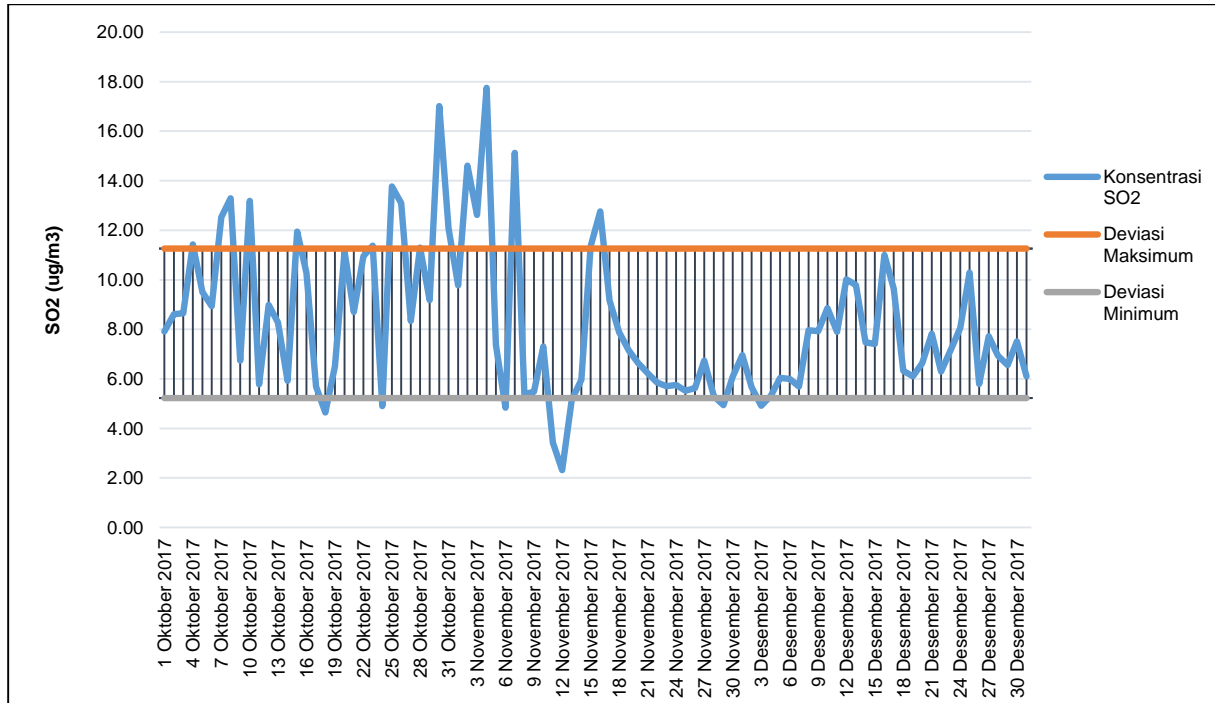
Standar deviasi maksimum = standar deviasi + rata-rata data
= 28,72

Standar deviasi minimum = standar deviasi – rata-rata data
= 6,75

Hasil yang diperoleh dari pengolahan data pada musim kemarau ditunjukkan pada grafik pada Gambar 4.11 dan Gambar 4.12.



Gambar 4. 11 Standar Deviasi pada Data Musim Kemarau
Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 4. 12 Standar Deviasi pada Data Musim Hujan
Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan grafik standar deviasi tersebut selanjutnya dipilih data yang memenuhi, hasil pemilihan data adalah sebagai berikut:

- 1) Musim kemarau
 - 8 – 19 april 2017
 - 12 -15 mei 2017
 - 17 mei 2017
 - 19 – 29 mei 2017
 - 1 – 11 juni 2017
- 2) Musim Hujan
 - 1-17 oktober 2017
 - 19-23 oktober 2017
 - 25 – 31 oktober 2017
 - 1-5 november 2017
 - 7-10 november 2017
 - 14-28 november 2017
 - 30 november 2017
 - 1-2 desember 2017
 - 4-31 desember 2017

Selanjutnya dilakukan rekapitulasi pada tanggal tersebut dan dilakukan pemilihan data terlengkap untuk parameter SO_2 dan parameter meteorologis (kecepatan angin dan arah angin) dipilih data terlengkap selama 7 hari. Data yang diperoleh dari pemilihan, pada musim kemarau pada tanggal 5 - 11 April 2017, sedangkan untuk musim hujan adalah tanggal 11-17 Oktober 2017.

4.5 Perhitungan Beban Emisi

4.5.1 Penentuan Panjang Jalan

Penentuan panjang jalan dalam penelitian ini menggunakan bantuan *software Google Earth*. Dalam menentukan panjang jalan terlebih dahulu menandai titik awal jalan dan titik akhir jalan. Selanjutnya dicatat posisi koordinat dari setiap titik awal jalan dan titik akhir jalan. Dengan data titik koordinat maka dapat ditentukan panjang jalan.

Berikut perhitungan panjang jalan pada Jalan Majend Sungkono.

Diketahui : Koordinat ujung awal jalan

- Latitude (x_{in}) 112,7044
- Longitude (y_{in}) -7,28731

Koordinat ujung akhir jalan

- Latitude (x_{fin}) 112,7331
- Longitude (y_{fin}) -7,29564

Latitude = $|x_{in} - x_{fin}| \times 60$
= $|112,7044 - 112,7331| \times 60$
= 1,72392

Longitude = $|y_{in} - y_{fin}| \times 60$
= $|(-7,28731) - (-7,29564)| \times 60$
= 0,4998

Jarak antar titik = $\sqrt{(\text{latitude})^2 + (\text{longitude})^2} \times 1852$ (NM ke m)
= $\sqrt{(1,72392)^2 + (0,4998)^2} \times 1852$ (NM ke m)
= 3635,953 m = 3,635953 km

Hasil perhitungan panjang jalan untuk semua jalan pada wilayah studi ditunjukkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Hasil Perhitungan Panjang Jalan

Nama Jalan	y-in	y-fin	x-in	x-fin	Latitude	Longitude	jarak total (km)
Jl Ahmad Yani	-7.347	-7.345	112.727	112.729	0.13	0.07	4.72
	-7.345	-7.306	112.729	112.736	0.44	2.36	
Jl. Wonokromo	-7.306	-7.298	112.736	112.738	0.09	0.46	0.86
Jl. Raya Mastrip	-7.351	-7.337	112.661	112.703	2.50	0.84	7.99
	-7.337	-7.310	112.703	112.711	0.47	1.61	
Jl. Mayjen Sungkono	-7.287	-7.296	112.704	112.733	1.72	0.50	3.64
Jl. Jemursari	-7.327	-7.327	112.732	112.735	0.17	0.01	4.12
	-7.327	-7.307	112.735	112.762	1.64	1.25	
Jl. Jemur Andayani	-7.327	-7.329	112.735	112.745	0.60	0.11	1.14
Jl. Kedungdoro	-7.269	-7.259	112.729	112.733	0.25	0.62	1.24
	-7.345	-7.345	112.711	112.735	1.42	0.03	4.86
Jl. tol Waru – Juanda	-7.345	-7.341	112.735	112.755	1.18	0.25	
	-7.287	-7.309	112.704	112.708	0.24	1.28	6.49
Jl. tol Surabaya Gempol	-7.309	-7.345	112.708	112.711	0.17	2.19	

Sumber: Hasil Perhitungan

4.5.2 Perhitungan Koreksi Emisi Gas Buang Berdasarkan Kecepatan Rata-rata Kendaraan

Perhitungan koreksi emisi gas buang digunakan untuk menentukan beban emisi tiap kendaraan sehingga diperlukan koreksi dengan menambahkan faktor kalibrasi. Faktor koreksi dapat mengakomodasi kondisi lapangan yang sulit digambarkan dalam model, seperti frekuensi pengereman dan tarikan gas, adanya pemberhentian kendaraan, adanya kemacetan dan sebagainya (Assomadi, 2016). Hasil pendekatan faktor koreksi dengan pendekatan berdasarkan kecepatan rata-rata kendaraan ditunjukkan pada Tabel 2.13.

Perhitungan koreksi emisi gas buang menggunakan metode *interpolasi* data. *Interpolasi* data digunakan jika tersedia data sebelum dan data sesudah yang hilang untuk melakukan intrapolasi berdasarkan kecenderungan data (IPCC, 2007). Data yang tersedia yaitu data kecepatan rata-rata dan di *interpolasi* dengan data faktor koreksi emisi.

Berikut perhitungan koreksi emisi gas buang berdasarkan kecepatan rata-rata kendaraan Jalan Majend Sungkono pada jam pagi untuk kendaraan LV (*Light Vehicle*), HV (*Heavy Vehicle*) dan MC (*Motor Cycle*). Data kecepatan tiap jenis kendaraan bersadarkan survey dilakukan dengan menggunakan metode 2 orang pengamat pada suatu titik ruas (Dinas Perhubungan, 2017).

Diketahui :

Kecepatan LV = 45,95 km/jam (Jalan Majend Sungkono menuju Jalan Diponegoro)

$$FK = FK_1 + \frac{(v - v_1)}{(v_2 - v_1)} \times (FK_2 - FK_1)$$

$$FK = 1,25 + \frac{(45,95 - 40)}{(50 - 40)} \times (1,1 - 1,25)$$

$$FK = 1,16$$

Kecepatan HV = 38,30 km/jam (Jalan Majend Sungkono menuju Jalan Diponegoro)

$$FK = FK_1 + \frac{(v - v_1)}{(v_2 - v_1)} \times (FK_2 - FK_1)$$

$$FK = 1,4 + \frac{(38,3 - 30)}{(40 - 30)} \times (1,25 - 1,4)$$

$$FK = 1,28$$

Kecepatan MC = 36,16 km/jam (Jalan Majend Sungkono menuju Jalan Diponegoro)

$$\begin{aligned}
 FK &= FK_1 + \frac{(v - v_1)}{(v_2 - v_1)} \times (FK_2 - FK_1) \\
 FK &= 1,4 + \frac{(36,16 - 30)}{(40 - 30)} \times (1250 - 1,4) \\
 FK &= 1,31
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan faktor koreksi emisi gas buang berdasarkan kecepatan rata-rata kendaraan pada setiap jalan pada wilayah studi dapat dilihat pada Lampiran 3.

4.5.3 Perhitungan Beban Emisi

Perhitungan beban emisi digunakan untuk mengetahui beban emisi gas buang dari tiap-tiap jenis kendaraan dan beban emisi gas buang total dalam satuan waktu.

Beban emisi untuk suatu polutan dari kendaraan pada suatu segmen jalan dapat dihitung dengan:

$$Q = n \times FE \times L \dots\dots\dots (4.4)$$

Keterangan:

- Q = kekuatan emisi (gram/satuan waktu)
- n = jumlah kendaraan (kendaraan/satuan waktu)
- FE = faktor emisi SO₂ (gram/km)
- L = panjang jalan (km)

Faktor emisi yang digunakan untuk menentukan beban emisi polutan adalah faktor emisi Indonesia dari Kementerian Lingkungan Hidup seperti yang dapat dilihat pada Tabel 2.8 dan faktor emisi gas buang kendaraan sub-kategori dalam kategori mobil pada Tabel 2.9.

Berikut perhitungan beban emisi gas buang pada Jalan Majen Sungkono pada pukul 05.00-05.10 (arah posisi survei ke timur) untuk jenis kendaraan mobil pribadi.

Diketahui :

- n (mobil pribadi) = 188 kendaraan/10 menit
- panjang jalan = 3,324172 km
- faktor emisi mobil = 0,11 g/km
- faktor konversi emisi = 1,28
- Q = 188 kend/10 menit x (0,11 g/km x 1,28) x 3,3241 km
- = 87,990 gram/10 menit

Selanjutnya beban emisi ditotal setiap 30 menit hal tersebut disesuaikan dengan interval pembacaan hasil monitoring SUF sehingga nantinya data model bisa di verifikasi dengan data SUF.

Beban emisi hasil perhitungan merupakan beban emisi 16 jam pemantauan. Digunakan beban emisi selama 24 jam dengan ekstrapolasi data beban emisi lalu lintas. Ekstrapolasi untuk melengkapi data yang kurang dengan menggunakan pendekatan sesuai tren dan faktor yang sesuai. Selanjutnya berdasarkan data beban emisi dibuat faktor harian pola beban emisi untuk wilayah Surabaya Selatan. Berikut hasil perhitungan harian pola beban emisi transportasi Surabaya Selatan yang ditunjukkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Faktor Harian Pola Beban Emisi Surabaya Selatan

Waktu	Faktor Harian	Waktu	Faktor Harian
00.00-00.30	0.095	12.00-12.30	1.422
00.30-01.00	0.078	12.30-13.00	1.343
01.00-01.30	0.055	13.00-13.30	1.485
01.30-02.00	0.080	13.30-14.00	1.493
02.00-02.30	0.134	14.00-14.30	1.617
02.30-03.00	0.191	14.30-15.00	1.744
03.00-03.30	0.273	15.00-15.30	1.732
03.30-04.00	0.416	15.30-16.00	1.649
04.00-04.30	0.523	16.00-16.30	1.635
04.30-05.00	0.590	16.30-17.00	1.659
05.00-05.30	0.998	17.00-17.30	1.506
05.30-06.00	1.100	17.30-18.00	1.458
06.00-06.30	1.283	18.00-18.30	1.384
06.30-07.00	1.352	18.30-19.00	1.284
07.00-07.30	1.376	19.00-19.30	1.136
07.30-08.00	1.394	19.30-20.00	1.031
08.00-08.30	1.388	20.00-20.30	1.037
08.30-09.00	1.344	20.30-21.00	0.883
09.00-09.30	1.278	21.00-21.30	0.642
09.30-10.00	1.146	21.30-22.00	0.402
10.00-10.30	1.337	22.00-22.30	0.218

Waktu	Faktor Harian	Waktu	Faktor Harian
10.30-11.00	1.314	22.30-23.00	0.201
11.00-11.30	1.572	23.00-23.30	0.111
11.30-12.00	1.514	23.30-24.00	0.095

Sumber: Hasil Perhitungan

Selain diperlukan faktor harian untuk mengetahui perbedaan pola beban emisi pada wilayah Surabaya Selatan pada interval waktu 30 menit, juga diperlukan faktor mingguan. Menurut Ha dan Oh (2014), faktor mingguan digunakan untuk mengetahui perbedaan lalu lintas pada karakteristik hari tertentu dan faktor harian juga digunakan untuk mengetahui perbedaan variasi lalu lintas. Dalam penelitian data yang digunakan sebagai faktor mingguan berdasarkan pola perubahan beban emisi dari kegiatan transportasi (*line source*) rata-rata Kota Surabaya. Berikut faktor mingguan pola beban emisi transportasi Kota Surabaya yang ditunjukkan pada Tabel 4.6.

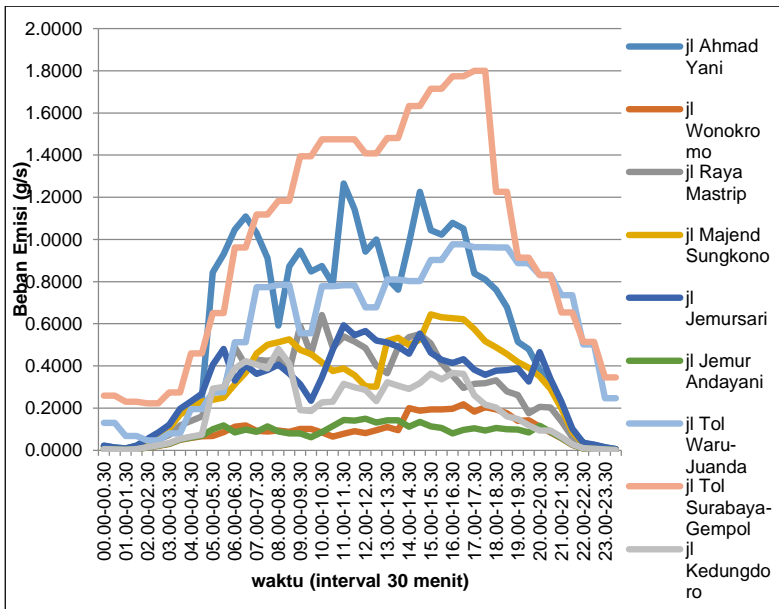
Tabel 4. 6 Faktor Mingguan Pola Beban Emisi Kota Surabaya

Hari	Faktor Mingguan
Senin	1,2
Selasa	1
Rabu	1
Kamis	1
Jumat	1
Sabtu	0,6
Minggu	0,4

Sumber: Assomadi, 2016

Berdasarkan faktor harian dan faktor mingguan pola beban emisi dapat dihitung faktor total pada interval waktu 30 menit. Faktor total yang diperoleh digunakan untuk input model selama 7 hari. Faktor total diperoleh berdasarkan perkalian antara faktor harian dan faktor mingguan. Hasil perhitungan faktor total dapat dilihat pada Lampiran 6 sebagai input model.

Berdasarkan hasil perhitunga beban emisi tiap jalan dan ekstrapolasi data berikut rekapitulasi beban emisi tiap jalan ditunjukkan berdasarkan grafik pada Gambar 4.13.



Gambar 4. 13 Rekapitulasi Beban Emisi
Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan grafik diperoleh kesimpulan bahwa beban emisi setiap jalan memiliki jam puncak tertentu. Beban emisi jam puncak sebanding dengan tingkat derajat kejenuhan tiap-tiap jalan pada wilayah studi. Hasil perhitungan beban emisi pada setiap jalan pada wilayah studi dapat dilihat pada Lampiran 4.

Untuk melengkapi data jalan pada pemodelan maka dilakukan prakiraan beban emisi pada jalan yang tidak di survey. Dimana jalan yang dipilih adalah jalan arteri primer, arteri sekunder dan kolektor primer. Jalan yang dipilih yang digunakan pada wilayah Surabaya Selatan ditunjukkan pada Tabel 4.7 dan perhitungan beban emisi berdasarkan rata-rata LHR jalan yang disurvei Dinas Perhubungan tahun 2017 dan dipilih berdasarkan tipe jalan yang sejenis pada Lampiran 5.

Tabel 4. 7 Ruas Jalan yang Tidak di Survey di Wilayah Surabaya Selatan

No.	Nama Jalan	Tipe Jalan
1.	Jalan Pasar Kembang	Arteri Primer
2.	Jalan Raya Arjuna	Arteri Primer

No.	Nama Jalan	Tipe Jalan
3.	Jalan Raya Ngagel	Arteri Primer
4.	Jalan Jagir Wonokromo	Arteri Sekunder
5.	Jalan HR. Muhammad	Arteri Sekunder
6.	Jalan Banyu Urip	Arteri Sekunder
7.	Jalan Joyoboyo	Kolektor Primer
8.	Jalan Gunungsari	Kolektor Primer
9.	Jalan Raya Menganti	Kolektor Primer
10.	Jalan Raya Wiyung	Kolektor Primer

Sumber: Peraturan Derah Kota Surabaya No.7, 2003

Beban emisi dari jalan yang tidak di survey diperoleh berdasarkan pendekatan rata-rata jalan yang di survey pada tipe jalan yang sama untuk wilayah Kota Surabaya. Hasil yang diperoleh berdasarkan perhitungan untuk beban emisi pada tipe jalan arteri primer yaitu 0,3531 g/s, tipe jalan arteri sekunder yaitu 0,2675 g/s dan tipe jalan kolektor primer yaitu 0,1518 g/s.

4.6 Pembuatan Model Line Source dengan Program *Matlab*

Dasar model yang digunakan adalah pendekatan model distribusi pencemaran di perkotaan. Persamaan yang digunakan untuk membuat model persebaran adalah persamaan modifikasi Gauss. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut (Assomadi. 2016).

$$C(x, y, z) = \frac{(39,2-3,25 v)v^2}{x} \frac{Q}{\sqrt{2\pi D_z x}} \left(\exp\left(\frac{-(z-H)^2 v}{4 D_z x}\right) + \exp\left(\frac{-(z+H)^2 v}{4 D_z x}\right) \right) \left(\exp\left(\frac{-\lambda x}{v}\right) \left[\operatorname{erf}\left(\frac{\sin\theta\left(\frac{L}{2}-y\right)}{\sqrt{2 D_z x}}\right) + \operatorname{erf}\left(\frac{\sin\theta\left(\frac{L}{2}+y\right)+x \cos\theta}{\sqrt{2 D_y x}}\right) \right] \right) \dots\dots\dots (4.5)$$

Dengan :

$C_L(x, y, z)$ = Konsentrasi pada titik (x,y,z) (gr/m³)

Q = Beban emisi (gr/det)

x = Jarak searah angin (m)

z = Ketinggian reseptor (m)

H = Tinggi efektif sumber dari permukaan (m)

v = Kecepatan angin (m/det)

λ = Konstanta laju reaksi
 D_z, D_y = Konstanta difusi (m^2/det)

Parameter yang berpengaruh terhadap ketinggian lapisan pencampuran adalah kecepatan angin pada 10 m diatas permukaan tanah (Arya, 1981 dalam Assomadi, 2016). Menurut Liu dan Liptak (2000) dalam Anggraeni (2008) menyatakan bahwa dispersi polutan dipengaruhi oleh kecepatan angin. Kecepatan angin relatif tetap pada ketinggian kurang dari 10 m dari permukaan tanah hal ini menyebabkan terjadinya pencampuran pencemar dan ambien. Pada ketinggian lebih dari 10 m dari permukaan tanah kecepatan angin relatif tidak konstan dan cenderung tinggi sehingga pencampuran sulit tercapai.

Dalam pengolahan pemodelan beberapa parameter masukan ke model yang dibutuhkan antara lain:

1. Peta wilayah dan transformasi koordinat terhadap x,y.
2. Data teknis sumber pencemar yaitu bebab emisi (g/s), tinggi efektif sumber dari permukaan (H,m) dan posisi sumber (x,y).
3. Data kualitas ambien berupa kecepatan angin (m/s) dan arah angin (dihitung dari N (0) searah jarum jam).

4.6.1 Mengidentifikasi Bidang Wilayah Studi

Mengidentifikasi bidang x-y digunakan untuk menggambarkan pola persebaran dispersi pada peta wilayah studi. Peta yang digunakan yaitu peta wilayah Surabaya Selatan dengan tanpa legend dan notasi kecuali batas wilayah kecamatan. Hal ini dapat memudahkan untuk memasukkan lokasi jalan dan parameter yang perlu ditampilkan dalam penggambaran pola dispersi. Gambar peta dimasukkan dalam satu folder dengan *script* Matlab. Pada penelitian ini peta wilayah Surabaya Selatan dengan nama "AdminSby1.jpg".

Peta wilayah disesuaikan koordinat geometrisnya (geoposisi) yaitu 7,251-7,357 LS dan 112,657-112,759 BT. Selanjutnya data koordinat dimasukkan kedalam *script* pada commad windows MATLAB seperti berikut.

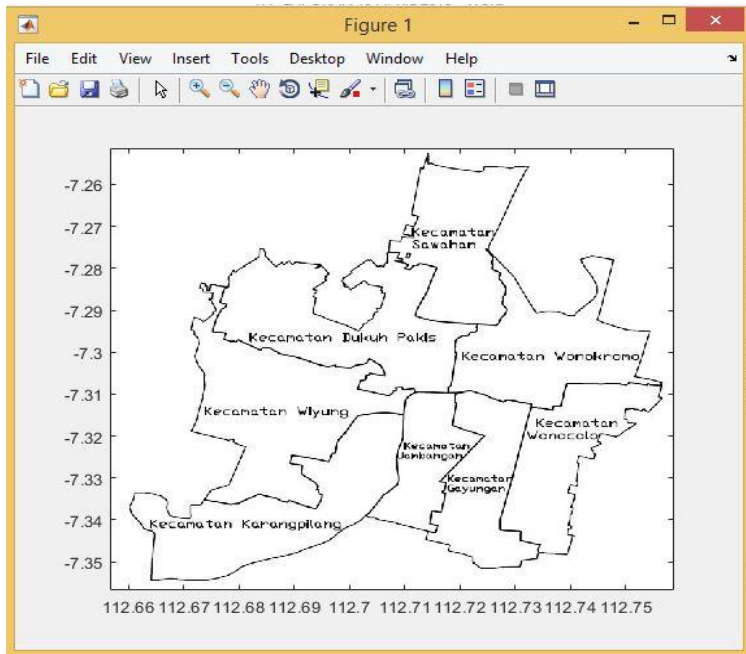
```
%% Insert Peta Administratif
img = imread('AdminSby1.jpg');
min_x = 112.656735;
max_x = 112.758705;
```

```

min_y = -7.356686;
max_y = -7.25143;
imagesc([min_x max_x], [min_y max_y],
flipud(img));
set(gca,'ydir','normal');
hold on; sc = 110447; %skala rata-rata m/degree

```

Hasil dari menjalankan program tersebut ditunjukkan pada Gambar 4.14.



Gambar 4. 14 Gambar Peta yang Telah di Sesuaikan dengan Figure
MATLAB

Sumber: Hasil Menjalankan MATLAB

4.6.2 Mengidentifikasi Data Teknis untuk Pemodelan

Data teknis yang diperlukan berupa panjang jalan, koordinat awal dan akhir jalan dan data ambien yang didapat dari SUF 7. Semua parameter dimasukkan dalam *script* sebagai inputan. Berikut penulisan *script* untuk data teknis pemodelan.

```

%% Lines Sources
%% Data teknis jalan
x1 = 112.723695; y1 = -7.346606; x2 =
112.736203; y2 = -7.306075;
x3 = 112.736203; y3 = -7.306075;; x4 =
112.737813; y4 = -7.29828;
plot ([x1,x2],[y1,y2],'LineStyle','-
','LineWidth',.5'color','r');
plot ([x3,x4],[y3,y4],'LineStyle','-
','LineWidth',.5'color','r');
avg_s=30; tr_vol = 4000; QJ1 = 1000; QJ2 = 1000;
HE = 0.4;
LJ = 5;          %kec rata-rata (km/jam),
kepadatan jalan (kend/jam), beban emisi rata-
rata (g/s), H emisi(m), lebar jalan (m)
L = LJ*1/sc; tr_sp = avg_s*1/sc; Hs = He*1/sc;

```

4.6.3 Membuat Transformasi Koordinat Kartesius

Transformasi koordinat kartesius disesuaikan dengan perubahan arah angin. Fungsi *script* transformasi adalah untuk merubah variable bidang/ruang menjadi variable yang sesuai dengan sifat persamaan model yang akan digambarkan. Persamaan transformasi koordinat kartesius dapat dilihat pada persamaan (2.11) hingga (2.15). Berikut penulisan *script* untuk transformasi koordinat.

```

%% jarak reseptor dari line source
m1 = (y2 - y1)/(x2 - x1) ; m2 = (y4 - y3)/(x4 -
x3) ;
k1 = y1 - m1*x1; k2 = y3 - m2*x3;
A1 = atan(m1)*180/pi; A2 = atan(m2)*180/pi;
B1 = (a-90) + A1; B2 = (a-90) + A2;
d1 = ((-
y+m1*x+k1)/(1+m1^2)^0.5)/(sin(B1.*pi/180))*1/sc;
d2 = ((-
y+m2*x+k2)/(1+m2^2)^0.5)/(sin(B2.*pi/180))*1/sc;
xe1 = (ma*x - m1*x2 - y + y2)./(ma-m); ye1 =
m1*(xe1-x2)+y2;

```

```

xe2 = (ma*x - m2*x4 - y + y4)./(ma-m); ye2 =
m2*(xe2-x4)+y4; %titik potong lintasan garis
angin melewati pengamat dengan jalan
z = 2.5/sc;
dz = 100*Dz

```

4.6.4 Membuat *Script* Model Dispersi Sesuai Persamaan

Pembuatan *script* sesuai persamaan dan menentukan boundary yang diperlukan sehingga pemodelan bisa berjalan. Berikut penulisan *script* yang diperlukan.

```

%% Dispersi line source
Le1 = abs(y2-y1); EF1 = 0.5*Le1 - abs(ye1 -
0.5*(y2+y1));
E1 = (EF1>=0).*EF1;
Le2 = abs(y4-y3); EF2 = 0.5*Le2 - abs(ye2 -
0.5*(y4+y3));
E2 = (EF2>=0).*EF2;
cJ1 = QJ1*e./(((2*pi)^0.5)*d1*dz*v)*(exp(-v*(z-
Hs)*(z-Ha)*e/(4*dz*d1))+exp(-
v*(z+Hs)*(z+Hs)*e/(4*dz*d1)))*(exp(-
lambda*d1/v);
cJ1(isinf(cJ1))=0; cJ1(isnan(cJ1))=0; cLS1 =
cJ1.*COR;
cJ2 = QJ2*e./(((2*pi)^0.5)*d2*dz*v)*(exp(-v*(z-
Hs)*(z-Ha)*e/(4*dz*d2))+exp(-
v*(z+Hs)*(z+Hs)*e/(4*dz*d2)))*(exp(-
lambda*d2/v);
cJ2(isinf(cJ2))=0; cJ2(isnan(cJ2))=0; cLS2 =
cJ2.*COR;

```

4.6.5 Membuat Plot Kontur Pola Dispersi dan Mengatur Tampilan

Pembuatan *script* untuk plot kontur pola dispersi, mengatur tampilan, mengatur nilai konsentrasi, warna dan lainnya. Berikut contoh *script* untuk mengatur kontur pola dispersi dan tampilan.

```

%% Plot kontur dispersi
C = (cLS1 + cLS2)./(2000*11047*11047)
countur (x,y,c,40,'Fill','off');

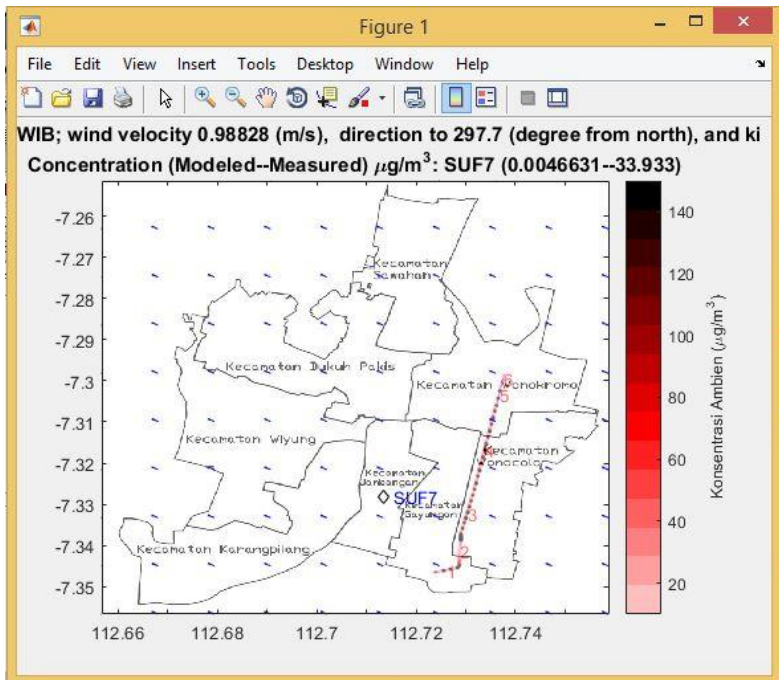
```

```

map = [0,0,0
0.122,0,0
0.25,0,0
0.375,0,0
0.5,0,0
0.625,0,0
colormap(map); c = colorbar; c.Label.String =
'Konsentrasi Ambien (\mu g/m^3)';

```

Script disimpan dalam format M-file. Cara menjalankan m.file adalah dengan memanggil file kedalam command windows. Berikut hasil menjalankan program ditunjukkan pada Gambar 4.15.



Gambar 4. 15 Tampilan Kontur Dispersi Pencemar Dua Garis
Sumber: Hasil Menjalankan MATLAB

Selanjutnya membuat pemodelan sesuai dengan pemilihan data yaitu musim kemarau pada tanggal 5 – 11 April

2017 dan musim hujan adalah tanggal 11-17 Oktober 2017. Script MATLAB untuk pemodelan dapat dilihat pada Lampiran 6.

4.7 Aplikasi Model untuk Pola Dispersi Pencemar

Model terbangun perlu dipastikan konsistensinya. Hasil model dibandingkan dengan data pengukuran dengan waktu rekam sama dengan waktu estimasi model. Kecenderungan kedua data dianalisis untuk mengetahui nilai korelasi dan simpangan yang dihasilkan (R dan RMSE). Model terbangun dinyatakan baik jika nilai korelasi dan simpangan hasil estimasi pada rentang nilai yang dekat dengan standar.

4.7.1 Data Pembanding yang Digunakan untuk Verifikasi Model Terbangun

Data pembanding yang digunakan untuk verifikasi adalah data hasil monitoring SUF 7 untuk data SO₂ pada musim kemarau pada tanggal 5 - 12 April 2017, sedangkan untuk musim hujan adalah tanggal 11-17 Oktober 2017. Data hasil monitoring dimasukkan dalam Microsoft Excel sebagai inputan perhitungan nilai korelasi dan simpangan pada MATLAB dengan dibandingkan hasil model. Berikut contoh inputan inputan hasil monitoring yang ditunjukkan pada Tabel 4.8.

Tabel 4. 8 Inputan Hasil Monitoring untuk Verifikasi Model

SO2	Air Quality Data
Date, time	Ambient Concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	SUF7
4/5/2017 0:30	29.94
4/5/2017 1:00	33.93
4/5/2017 1:30	32.01
4/5/2017 2:00	29.08
4/5/2017 2:30	27.52
4/5/2017 3:00	31.15
4/5/2017 3:30	33.77

Sumber: Dinas Lingkungan Hidup Kota Surabaya, 2017

4.7.2 Data Pendukung untuk Perhitungan Emisi, Dispersi dan Pengaturan Batasan Model

Data-data pendukung yang diperlukan untuk menghitung emisi, kriteria dispersi dan pengaturan model dimasukkan dalam Microsoft Excel sebagai inputan model. Berikut inputan parameter untuk estimasi dispersi yang ditunjukkan pada Tabel 4.9.

Tabel 4. 9 Parameter dalam Estimasi Dispersi

No	Paramater	Symbo ls	Valu e	Unit
1	Dispersion Coeffisien in horizontal direction	Dy	200	m ² /s
2	Dispersion Coeffisien in vertical (z) direction	Dz	400	m ² /s
3	Ambient Temperature	T ₀	30	C
4	Wind speed (average, dominant)	s	-"	m/s
5	Wind direction (average, dominant)	a	-"	⁰ (N)
6	Parameter Analysis	SO ₂	Oxides Sulphur	
7	Kinetic Constant	λ		

Berikutnya adalah inputan nilai pengaturan model dan penentuan batas yang ditunjukkan pada Tabel 4.10.

Tabel 4. 10 Parameter Dominan dalam Estimasi Dipersi Model

Model Setting			
1	Starting Date, time	4/5/2017 0:30	
2	Interval of Analysis	0.5	hour
3	Grid Number	300	n x n

Dalam penelitian ini digunakan jumlah grid sebanyak 300 karena sudah cukup memberikan degradasi pola dispersi yang cukup. Menurut Assomadi (2016), jumlah grid lebih besar dari 300 tidak banyak memberikan perubahan pola dispersi yang nyata. Pola dipersi dengan jumlah grid 300 atau lebih cukup memberikan hasil yang baik dalam estimasi pencemar di Kota Surabaya.

Koordinat pada peta juga dapat di input dan koordinat dapat di *overlay* pada peta dengan MATLAB. Berikut adalah inputan penentuan koordinat dan batas wilayah yang ditunjukkan pada Tabel 4.11.

Tabel 4. 11 Penentuan Koordinat dan Batas Wilayah

Determine of Modelling Area			
1	Lowest Lattitude; min_x	112.657	⁰ (E)
2	Highest Lattitude; max_x	112.759	⁰ (E)
3	Lowest Longitude; min_y	-7.357	⁰ (S)
4	Highest Longitude; max_y	-7.251	⁰ (S)
5	Citie's Identity	Surabaya	

Sumber: Google Earth

Inputan lain yang perlu dimasukkan adalah beban emisi dan koordinat tiap jalan pada wilayah studi. Koordinat jalan dapat di *overlay* pada peta wilayah studi. Sedangkan beban emisi digunakan sebagai inputan untuk mengetahui beban emisi tiap jalan. Berikut contoh inputan beban emisi dan koordinat jalan yang ditunjukkan pada Tabel 4.12.

Tabel 4. 12 Beban Emisi dan Koordinat Jalan

Street Identity	Street Coordinate of Straight Segment				category (street class)	normalized average load (g/s)
	(min_x, y-in	min_y, y-fin	max_x, x-in	max_y, x-fin		
Jl Raya Ahmad Yani	-7.347	-7.345	112.72	112.72	Primary Artery	0.61
	-7.345	-7.337	112.72	112.72	Primary Artery	0.61
	-7.337	-7.327	112.72	112.73	Primary Artery	0.61
	-7.327	-7.306	112.73	112.73	Primary Artery	0.61
Jl Raya Wonokromo	-7.306	-7.301	112.73	112.73	Primary Artery	0.09
	-7.301	-7.298	112.73	112.73	Primary Artery	0.09
Jl Jemursari	-7.327	-7.327	112.73	112.73	Scndary Artery	0.31
	-7.327	-7.307	112.73	112.76	Scndary Artery	0.31
Jl Jemur Andayani	-7.327	-7.329	112.73	112.74	Scndary Artery	0.08

Sumber: Hasil Perhitungan

Pola perubahan beban emisi ditentukan berdasarkan hasil *counting volume traffic*. Sepanjang siklus harian dan mingguan.

Untuk siklus harian jam puncak terjadi pada pagi hari dan sore hari. Sedangkan siklus mingguan hari puncak terjadi pada hari senin dan hari kerja (Assomadi, 2016).

Form inputan dan hasil model (pada program excel) dapat dilihat pada Lampiran 6 dan Lampiran 7.

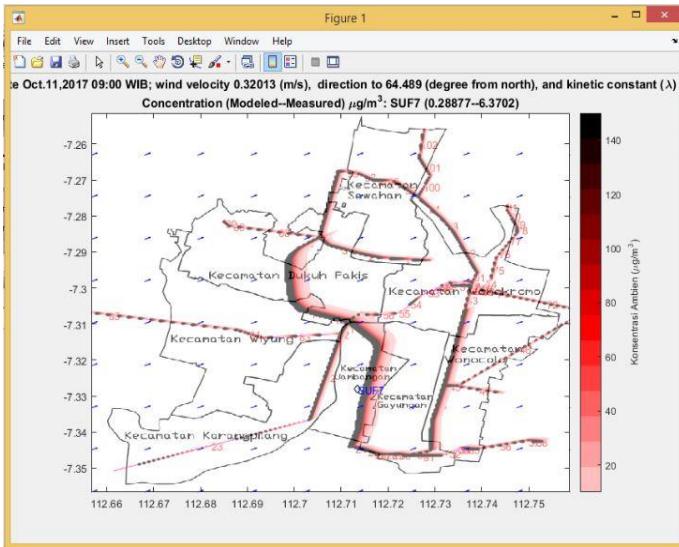
4.8 Verifikasi Model Terbangun

Verifikasi model dilakukan mengetahui performansi model dengan data aktual. Verifikasi dapat dilakukan dengan membandingkan dengan teori dispersi dan dapat diketahui dengan nilai simpangan dan korelasinya yang memenuhi standar yang berlaku.

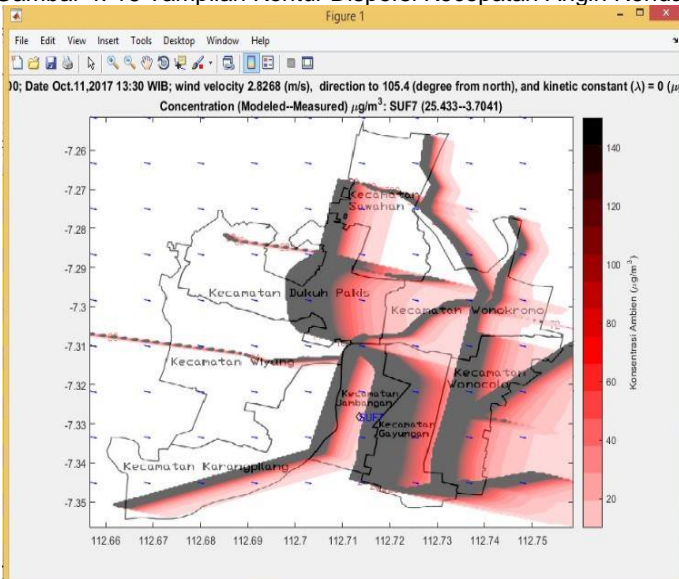
4.8.1 Verifikasi dengan Teori Dispersi

Verifikasi ini dibutuhkan untuk membandingkan antara hasil model dengan teori yang ada. Saat running data berlangsung terjadi perubahan distribusi pola dispersi dengan *timeseries* setiap 30 menit. Perubahan pola distribusi mengikuti data yang diinput antara lain beban emisi, kecepatan angin dan arah angin.

Program MATLAB dijalankan dimana data terjadi perubahan kecepatan angin 0,32013 m/s dan diwaktu yang berbeda kecepatan angin lebih tinggi 2,8268 m/s. Hasil kontur pola persebaran dispersi pada perbedaan kecepatan ditunjukkan pada Gambar 4.16 dan Gambar 4.17.



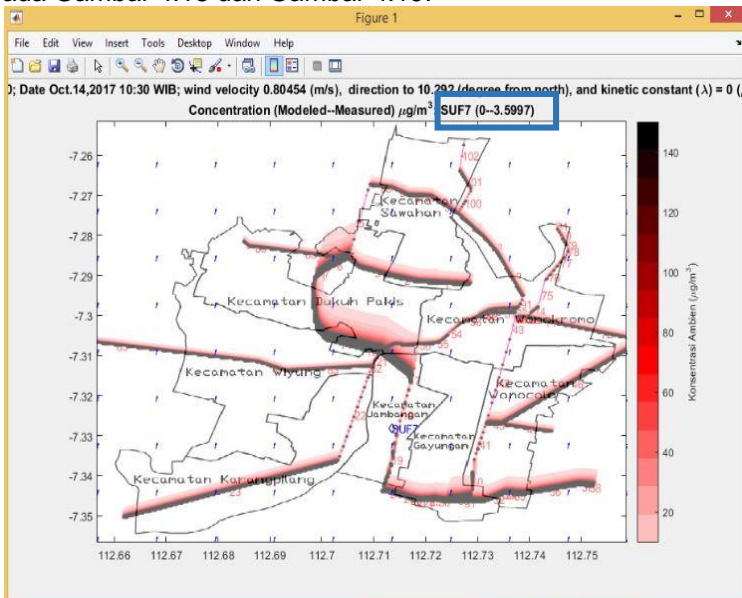
Gambar 4. 16 Tampilan Kontur Dispersi Kecepatan Angin Rendah



Gambar 4. 17 Tampilan Kontur Dispersi Kecepatan Angin Tinggi
Sumber: Hasil Menjalankan MATLAB

Hasil model tersebut membuktikan bahwa perubahan kecepatan angin menunjukkan pengaruh yang kuat pada pola distribusi pencemar. Kecepatan angin yang lebih besar menunjukkan pola distribusi pencemar yang lebih merata (daerah penerima lebih luas) dibuktikan dengan gambar pola dispersi yang lebih luas. Hal tersebut membuktikan teori bahwa konsentrasi maksimum dekat permukaan akan lebih dekat dengan sumber ketika kecepatan angin rendah dan lebih jauh ketika kecepatan angin lebih tinggi.

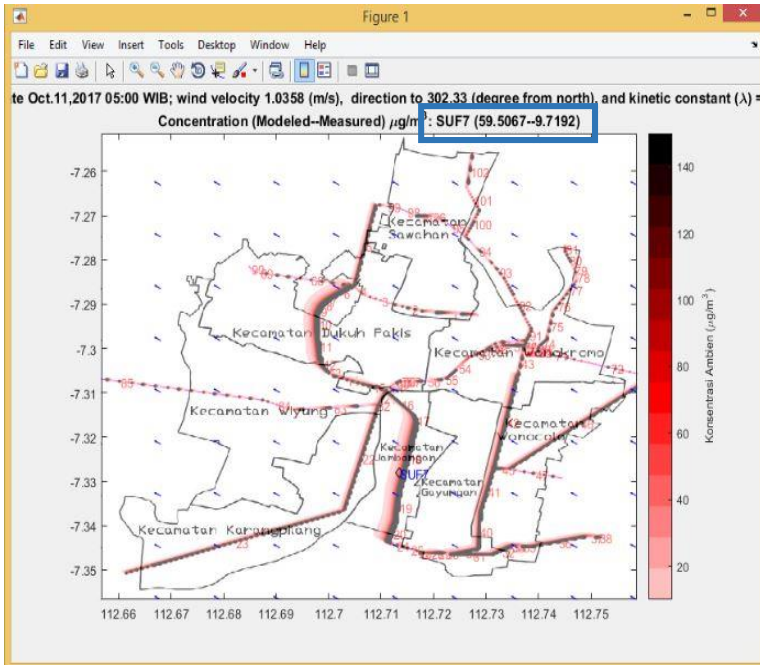
Selain kecepatan angin yang mempengaruhi konsentrasi pencemar pada jarak yang berbeda, arah angin dapat mempengaruhi lokasi penerima dispersi pencemar. Dimana lokasi penerima dispersi adalah daerah sesuai dengan arah angin. Berikut perbedaan pola persebaran dispersi dimana arah angin yang menuju SUF tanpa sumber pencemar dan arah angin yang menuju SUF melewati beberapa sumber pencemar ditunjukkan pada Gambar 4.18 dan Gambar 4.19.



Gambar 4. 18 Tampilan Kontur Dispersi Arah Angin Menuju SUF tanpa Sumber Pencemar

Sumber: Hasil Menjalankan MATLAB

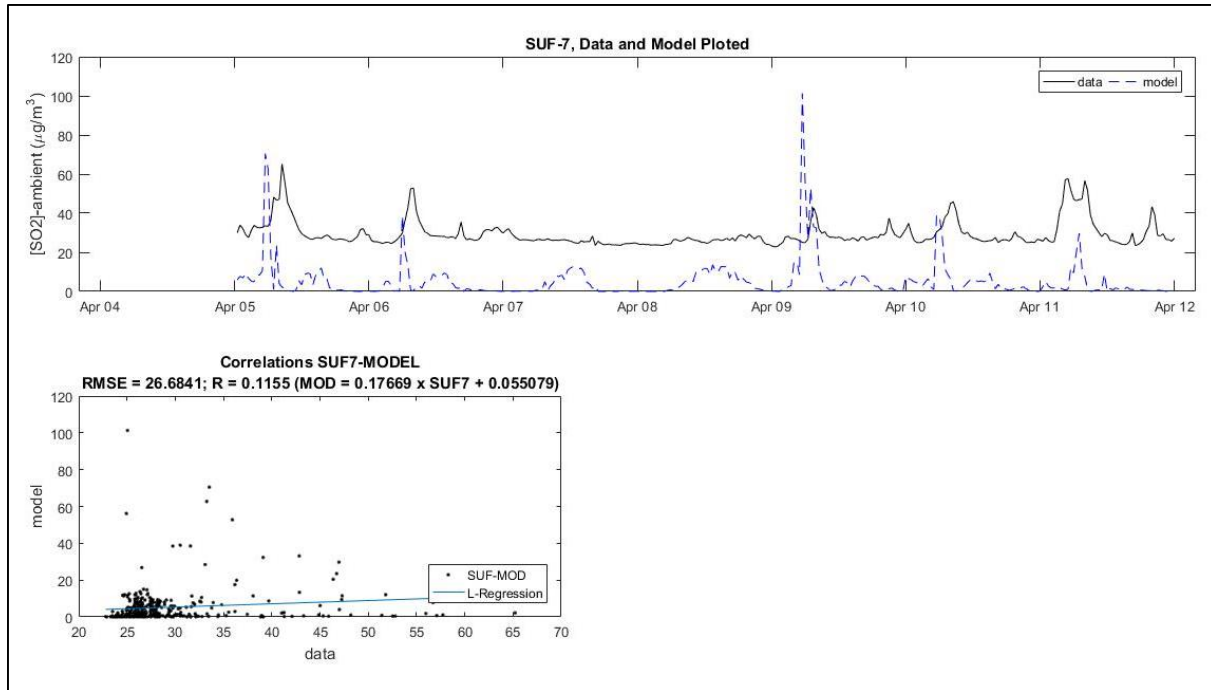
Hasil model yang pada Gambar 4.18 dengan arah angin 10,292° dari arah utara dimana arah angin yang menuju SUF tanpa melewati sumber pencemar terlebih dahulu menghasilkan konsentrasi model yaitu 0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ SO_2 .



Gambar 4. 19 Tampilan Kontur Dispersi Arah Angin Menuju SUF dengan Sumber Pencemar

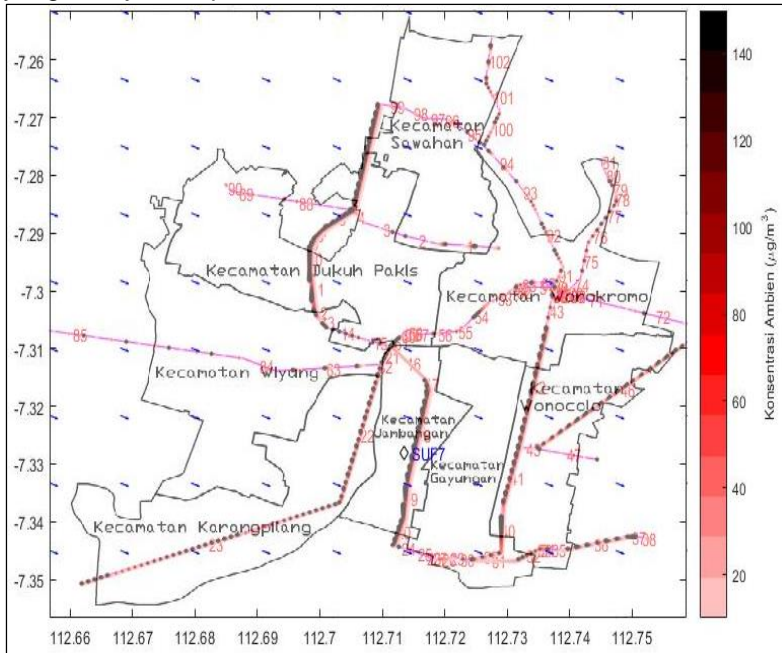
Sumber: Hasil Menjalankan MATLAB

Hasil model yang pada Gambar 4.19 dengan arah angin 302,33° dari arah utara dimana arah angin yang menuju SUF dengan melewati beberapa sumber pencemar terlebih dahulu menghasilkan konsentrasi model yaitu 59,5067 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ SO_2 . Hasil model memiliki nilai konsentrasi yang lebih besar dibandingkan dengan konsentrasi arah angin yang menuju SUF tanpa melewati sumber pencemar.



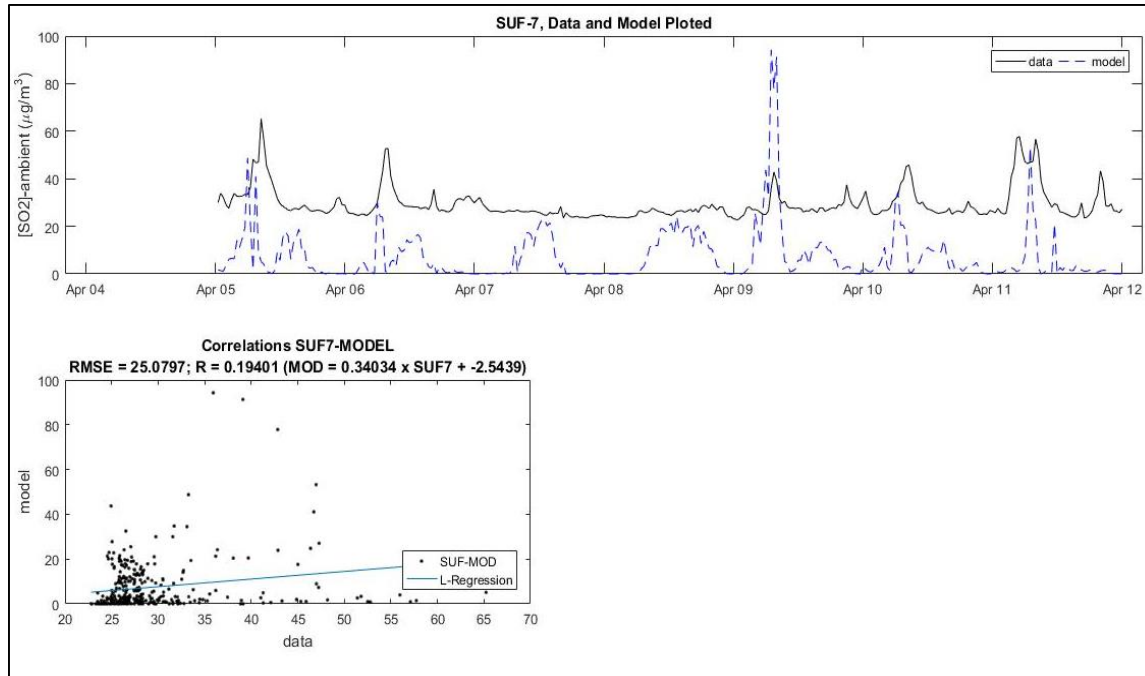
Gambar 4. 21 Hasil Plot Model dengan Pengukuran serta Nilai Simpangan dan Korelasi dengan Beban Emisi Jalan Hasil Survey
Sumber: Hasil Menjalankan MATLAB

Selanjutnya adalah membandingkan dengan hasil model dengan penambahan beban emisi dari jalan yang tidak di survey. Berikut tampilan kontur disipasi yang ditunjukkan pada Gambar 4.22. dan hasil plot model dengan pengukuran serta nilai simpangan dan korelasi dengan beban emisi jalan hasil survey yang ditunjukkan pada Gambar 4.23.



Gambar 4. 22 Tampilan Kontur Dispersi dengan Beban Emisi dengan Penambahan Jalan

Sumber: Hasil Menjalankan MATLAB



Gambar 4. 23 Hasil Plot Model dengan Pengukuran serta Nilai Simpangan dan Korelasi dengan Beban Emisi Penambahan Jumlah Jalan
 Sumber: Hasil Menjalankan MATLAB

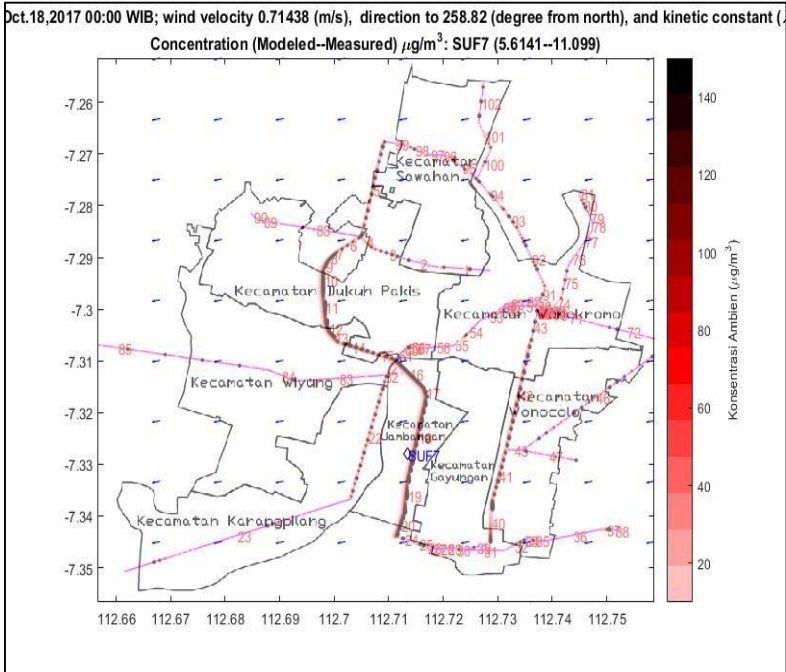
Berdasarkan plot hasil model dengan data pengukuran untuk kedua hasil tersebut secara visual data memiliki kemiripan yang baik. Kecenderungan naik dan turun konsentrasi pada lokasi model menunjukkan pola yang hampir sama. Perbedaan terbesar yaitu terjadi pada tanggal 09 April 2017, yang menunjukkan bahwa tanggal tersebut model kurang baik.

Berdasarkan hasil uji coba estimasi model dengan penambahan jalan. Penambahan jalan menyebabkan akumulasi konsentrasi dispersi dari sumber sebelumnya. Akumulasi konsentrasi dispersi dipengaruhi juga oleh arah angin apabila arah angin melewati lebih dari satu sumber maka sumber kedua dan selanjutnya terjadi akumulasi konsentrasi dispersi. Hal ini yang menyebabkan pola dispersi dengan distribusi yang berbeda dengan pola dispersi sumber yang sedikit. Konsentrasi ambien menjadi lebih besar di semua titik dispersi dengan semakin banyaknya sumber pencemar yang dilewati sesuai dengan arah angin, akibat akumulasi dari semua sumber.

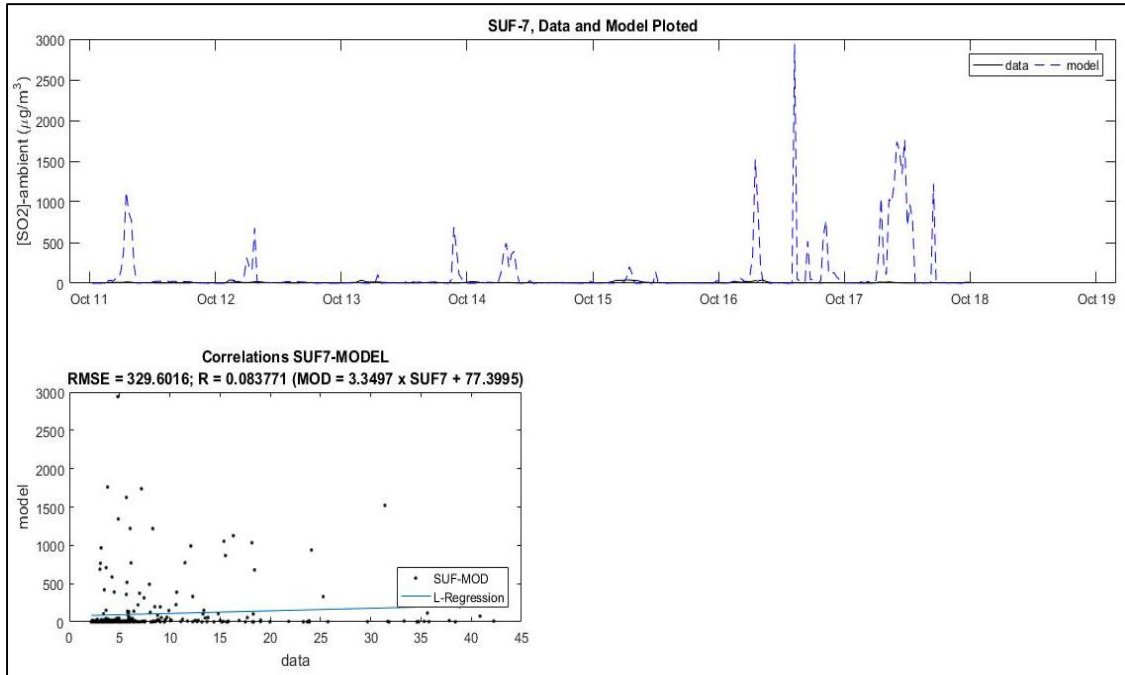
Hasil model nilai korelasi membuktikan bahwa terjadi peningkatan dengan nilai awal $R = 0,1155$ ke nilai $R = 0,19401$. Berdasarkan hasil tersebut penambahan jalan dapat memberikan hasil yang lebih baik. Peningkatan nilai korelasi tersebut tidak terlalu besar mengingat pada musim kemarau arah angin dari arah timur (90°) menuju barat (270°), sehingga pola dispersi sumber yang termonitoring dari SUF 7 adalah jalan yang berlokasi di timur dari lokasi SUF 7, sedangkan penambahan jalan banyak yang berlokasi pada utara SUF. Hasil tersebut konstan sehingga model terbangun cukup *verified*, stabil dan konsisten untuk mengestimasi dispersi mengikuti arah angin dan akumulasi beberapa sumber.

Standar verifikasi model berdasarkan standar EPA yaitu nilai RMSE 14,2 dan nilai korelasi 0,572. Nilai hasil model kurang memenuhi standar EPA. Berdasarkan hasil dapat disimpulkan bahwa hasil model berdasarkan aktivitas lalu lintas pada ruas jalan yang memiliki kontribusi yang kurang signifikan dikarenakan pemodelan hanya dilakukan pada jalan-jalan dengan volume *traffic* tinggi. Sedangkan sumber pencemar lain tidak dimodelkan yaitu jalan-jalan lokal, sumber emisi cerobang dan sumber emisi area. Pada pemodelan juga tidak dimasukkan faktor serapan pencemar oleh ruang terbuka.

Pemodelan pada musim hujan dilakukan pada tanggal 11-17 Oktober 2017. Berikut Berikut contoh tampilan kontur dispersi untuk sumber emisi jalan dengan data yang disurvei dan nilai simpangan dan korelasi yang ditunjukkan pada Gambar 4.24 dan 4.25.



Gambar 4. 24 Tampilan Kontur Dispersi pada Pemodelan Musim Hujan
Sumber: Hasil Menjalankan MATLAB



Gambar 4. 25 Hasil Plot Model dengan Pengukuran serta Nilai Simpangan dan Korelasi pada Pemodelan Musim Hujan

Sumber: Hasil Menjalankan MATLAB

Berdasarkan plot model dan data monitoring pada SUF ditampilkan pada Gambar 4.25, secara visual kedua data memiliki perbedaan yang cukup signifikan, dimana hasil pemodelan memiliki konsentrasi yang sangat tinggi dibandingkan data monitoring SUF terutama pada tanggal 16 – 17 Oktober 2017.

Perbedaan plot model dan data monitoring SUF bernilai kurang juga dibuktikan dengan nilai simpangan (RMSE) yang besar yaitu 329,6016. Nilai RMSE digunakan untuk membandingkan akurasi antara dua atau lebih model dalam analisis spasial. Semakin kecil nilai RMSE suatu model menandakan semakin akurat model tersebut (Harto, 1993 dalam Priambodo *et al.*, 2012). RMSE menyatakan ukuran besarnya kesalahan yang dihasilkan oleh suatu model prakiraan. Nilai RMSE rendah menunjukkan bahwa variasi nilai yang dihasilkan oleh suatu model prakiraan mendekati variasi nilai obeservasinya dan berlaku sebaliknya. Nilai Korelasi dalam pemodelan musim hujan juga bernilai rendah yaitu 0,083771. Nilai korelasi menunjukkan hubungan antar variabel, dimana nilai mendekati 1 maka hubungan semakin kuat.

Hasil model pada musim hujan menunjukkan hasil yang kurang karena beberapa faktor internal antara lain:

1. Dalam kondisi sebenarnya arah dispersi dari sumber pencemar tidak homogen sedangkan model menggunakan asumsi homogen.
2. Pada musim hujan dimungkinkan terjadinya *flushing* pencemar oleh air hujan. Model tidak mencakup hal tersebut sehingga hasil model menunjukkan konsentrasi pencemar yang tinggi dibandingkan dengan hasil monitoring SUF.
3. Pada pemodelan tidak dimasukkan faktor serapan pencemar oleh ruang terbuka.
4. Hasil estimasi konsentrasi dengan arah angin yang tidak menuju SUF.

Sedangkan faktor eksternal yang mempengaruhi hasil model yaitu pemodelan tidak mencakup sumber pencemar lain seperti jalan lokal, sumber emisi cerobong dan sumber emisi area.

Berdasarkan Gordon (2011), curah hujan yang tinggi dapat membuat lapisan inversi akan menjadi tinggi. Dimana kondisi hujan yang terus menerus dengan hujan yang

berkelanjutan akan memecah lapisan inversi. Hal tersebut dapat mengakibatkan pencemar pada atmosfer cenderung terdispersi pada ketinggian inversi yang semakin tinggi disebabkan ruang yang semakin luas dan membuat proses dilusi semakin cepat.

Hasil monitoring SUF pada musim hujan memiliki nilai yang rendah daripada musim kemarau untuk pencemar SO₂. Hal ini telah dibuktikan dengan penelitian Sari *et al.* (2015) yang menyatakan korelasi antara curah hujan dengan konsentrasi SO₂ pada SUF 1, SUF 4 dan SUF 5 pada curah hujan yang tinggi, maka nilai polutan SO₂ menjadi rendah. Polutan SO₂ terserap oleh air hujan, dimana SO₂ memiliki kelarutan dalam air yang tinggi dari pada polutan lainnya.

Menurut Kusminingrum dan Gunawan (2008) pada ruas jalan kota besar seperti Surabaya lalu lintas perkotaan menyumbang kontribusi pencemar udara sebesar 70%. Sedangkan verifikasi model berdasarkan standar EPA untuk nilai korelasi adalah 0,572 untuk multi sumber. Berdasarkan standar yang dapat digunakan untuk pemodelan pencemar *line source* sebesar 0,4004.

Berdasarkan hasil menjalankan MATLAB diperoleh konsentrasi yang tidak memenuhi standar hal ini dikarenakan arah angin yang tidak menuju SUF sehingga diperlukan perhitungan korelasi dan RMSE dengan memilih hasil arah angin yang menuju SUF. Arah angin yang dipilih yaitu 180°-225°, 225°-270° dan 270°-315°. Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai korelasi dan RMSE menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Corr} = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})(\text{obs}_i - \bar{\text{obs}})}{\sqrt{(y_i - \bar{y})^2} \sqrt{(\text{obs}_i - \bar{\text{obs}})^2}} \dots\dots\dots (4.4)$$

dengan:

y_i = Nilai model
 obs_i = Nilai observasi

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \text{obs}_i)^2} \dots\dots\dots (4.5)$$

dengan:

y_i = Nilai model
 obs_i = Nilai observasi

Menggunakan rumus tersebut diperoleh hasil perhitungan pada musim kemarau nilai korelasi = 0,379 dan nilai RMSE =

29,718. Hasil perhitungan pada musim hujan nilai korelasi = 0,410 dan nilai RMSE = 274,511. Berdasarkan hasil perhitungan nilai korelasi dengan memilih hasil estimasi model dimana arah angin menuju SUF diperoleh hasil yang mendekati standar EPA untuk nilai korelasi yaitu 0,4004. Berdasarkan hasil model yang digunakan stabil dan konsisten untuk mengestimasi dispersi mengikuti arah angin yang menuju SUF. Perhitungan nilai korelasi dan RMSE serta data terpilih dapat dilihat pada lampiran 8.

4.9 Analisis Perubahan Kualitas Udara Ambien pada Aktivitas Lalu Lintas

Analisis perubahan kualitas udara ambien ditentukan berdasarkan skenario model. Dalam penelitian ini skenario yang dilakukan selain berdasarkan musim hujan dan musim kemarau karena konsentrasi pencemar yang berbeda juga berdasarkan beberapa faktor. Menurut Wayan *et al.* (2018) polutan yang diemisikan akan mengalami penyebaran di atmosfer dipengaruhi oleh dinamika atmosfer seperti kecepatan angin dan arah angin.

Skenario yang digunakan adalah pada waktu kondisi pencemaran terburuk, yaitu pada saat beban emisi yang terburuk. Beban emisi terburuk ditentukan berdasarkan kondisi jam puncak yaitu digunakan faktor harian tertinggi. Faktor harian tertinggi pada musim kemarau dipilih pada tanggal 5 April 2017 dan jam 15:00 yaitu 2,176 dan faktor harian tertinggi pada musim hujan dipilih pada tanggal 16 Oktober 2017 dan jam 15:00 yaitu 2,176.

Kecepatan angin yang dipilih yaitu kecepatan angin rendah, rata-rata dan tinggi pada 8 arah mata angin berdasarkan windrose menggunakan data BMKG tahun 2017 pada musim yang berbeda. Berdasarkan hasil rekap *windrose* skala Beaufort yang dipilih yaitu skala 3, 4 dan 5. Rentang tiap skala Beaufort yang dipilih ditunjukkan pada Tabel 4.13.

Tabel 4. 13 Rentang Skala Beaufort yang Dipilih

Nomor Beaufort	Kekuatan Angin	Kecepatan Rata-rata (m/s)
3	Hembusan angin pelan	1,67 – 3,06
4	Hembusan angin sedang	3,33 – 5,28
5	Hembusan angin sejuk	5,56 – 8,06

Berikut rekap skenario berdasarkan kecepatan angin dan arah angin berdasarkan skala Beaufort yang dipilih yang ditunjukkan pada Tabel 4.14.

Tabel 4. 14 Skenario Arah dan Kecepatan Angin

Arah	Kecepatan Angin (m/det)					
	Kemarau			Hujan		
	3	4	5	3	4	5
Utara (0)	2,50	4,50	8,00	3,00	4,91	6,90
Timur Laut (45)	3,00	4,80	7,23	2,83	5,00	6,95
Timur (90)	2,89	4,86	7,10	3,00	4,77	7,14
Tenggara (135)	2,78	4,93	7,03	3,00	4,80	7,05
Selatan (180)	3,00	5,00	6,43	2,56	4,94	6,69
Barat Daya (225)	2,92	4,92	5,69	2,92	4,97	6,46
Barat (270)	2,90	4,99	6,58	2,84	4,97	6,83
Barat Laut (315)	2,75	5,00	6,80	2,82	4,95	6,88

Sumber: Hasil Perhitungan

Selanjutnya adalah pembuatan *script* MATLAB untuk skenario. *Script* model terdiri dari input peta, input data teknis, transformasi koordinat kartesius dan perhitungan model.

1) Script 1 (line source dengan fungsi loop)

```
% Insert Peta Administratif
img = imread('AdminSby1.jpg');
min_x = xlsread('UPDM_V11','Phys_Data','C31');
max_x = xlsread('UPDM_V11','Phys_Data','C32');
min_y = xlsread('UPDM_V11','Phys_Data','C33');
max_y = xlsread('UPDM_V11','Phys_Data','C34');
imagesc([min_x max_x], [min_y max_y],
flipud(img));
set(gca,'ydir','normal');
hold on; sc = 110447;
%skala rata-rata m/degree
%% Konstanta Difusivitas
```

```
Dify = 200; Difz = 400;
```

```
%% 2. Lines Sources
```

```
%% 2.1. Data beban emisi (g/s)
```

```
QJ =
```

```
Factor*xlsread('UPDM_V11','LineS','K4:K102');
```

```
%input beban (g/s)
```

```
%% 2.2. LS_Data teknis sumber rata-rata
```

```
HE = xlsread('UPDM_V11','Phys_Data','D39');
```

```
%posisi jalan
```

```
x1 = xlsread('UPDM_V11','LineS','E4:E102'); %
```

```
input koordinat x awal jalan
```

```
x2 = xlsread('UPDM_V11','LineS','F4:F102'); %
```

```
input koordinat x akhir jalan
```

```
y1 = xlsread('UPDM_V11','LineS','C4:C102'); %
```

```
input koordinat y awal jalan
```

```
y2 = xlsread('UPDM_V11','LineS','D4:D102'); %
```

```
input koordinat y awal jalan
```

```
%% ISPU Location
```

```
xF7 = 112.7134977; yF7 = -7.3280985;
```

```
F7=c(round(grid*(yF7-min_y)/(max_y -  
min_y),0),round(grid*(xF7-min_x)/(max_x -  
min_x),0)); D7 = Dt7;
```

2) Script 2 (timeseries function line source dengan fungsi loop)

```
clear;
```

```
grid = 300; % resolusi perhitungan  
(membagi area perhitungan menjadi n x n grid),  
18562 s
```

```
SUF7 =
```

```
xlsread('UPDM_V11.xlsx','AQ_Data','B4:B39');
```

```
arah = input ('arah=');
```

```
speed = input ('kecepatan angin=');
```

```
fc = 2.295
```

```
lbd = 0.000002*0;
```

```
DateNumber = 736790; formatOut = 'mmm.dd,yyyy
```

```
HH:MM'; time = datestr(DateNumber,formatOut);%
```

```
05 Apr 2017 = 736790
```

```

%% dispersi
for n=1:length(arah);
    Dt7 = SUF7(n);
    Factor = fc(n); lambda = lbd(n);
    a=arah(n); s=speed(n); t =
datestr(DateNumber+(n)*0.02083333333334,formatOut
);cla;
    PSLS_Loop2_promosi;
    drawnow
    MOD = [I7];
    my_cell = sprintf('B%s',num2str(n+38));

A=xlswrite('UPDM_V11.xlsx',MOD,'Result_Model',my
_cell);
end

```

4.10 Hasil Analisis Perubahan Kualitas Udara Ambien

Hasil yang diperoleh berdasarkan skenario dengan menjalankan MATLAB adalah konsentrasi estimasi pada SUF 7 yang ditunjukkan pada Tabel 4.15.

Tabel 4. 15 Estimasi Konsentrasi pada Skenario

Arah	Konsentrasi Estimasi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Kemarau			Konsentrasi Estimasi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Hujan		
Utara (0)	45,04	115,30	195,35	61,46	129,79	184,80
Timur Laut (45)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Timur (90)	20,14	44,67	65,57	21,45	43,57	65,78
Tenggara (135)	16,74	40,39	57,87	19,03	38,99	57,97
Selatan (180)	19,23	4,60	54,84	14,68	40,95	56,62
Barat Daya (225)	671,24	1482,11	1765,56	671,24	1501,63	1997,28
Barat (270)	2133,53	3580,58	6476,00	2060,06	4810,59	6652,57
Barat Laut (315)	1439,26	4835,32	4904,25	1501,73	3534,78	4942,64

Sumber: Hasil Menjalankan MATLAB

Berdasarkan skenario dilakukan dengan menjalankan MATLAB terhadap 8 arah mata angin. Berdasarkan skenario

kecepatan angin dan arah angin diperoleh kesimpulan hasil estimasi sebagai berikut:

- 1) Konsentrasi estimasi pada musim kemarau dan musim hujan pada saat beban emisi tertinggi yang diterima oleh SUF 7 tidak terdapat perbedaan yang signifikan. Hal ini dikarenakan kecepatan angin pada musim kemarau tidak terlalu berbeda jauh dengan musim hujan.
- 2) Konsentrasi tertinggi yang diterima SUF7 apabila arah angin dari timur ke barat pada kecepatan skala beaufort 5. Berdasarkan hasil pada musim kemarau sebesar 6476,00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan pada musim hujan sebesar 6652,57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Konsentrasi tersebut besar karena terjadi akumulasi beban emisi pada sumber pencemar.
- 3) Konsentrasi terendah yang diterima SUF 7 apabila arah angin dari barat daya ke timur laut . Berdasarkan hasil pada musim kemarau musim hujan sebesar 0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Konsentrasi pada arah angin tersebut 0 karena tidak ada sumber pencemar yang menuju SUF 7.
- 4) Rata-rata konsentrasi terbesar pada kedua musim terjadi pada kecepatan angin yang tinggi hal tersebut dikarenakan pada kecepatan angin yang tinggi pola distribusi pencemar yang lebih merata.
- 5) Konsentrasi maksimum dekat sumber pencemar akan lebih tinggi dan lebih dekat dengan sumber ketika kecepatan angin rendah dan akan lebih kecil dan lebih jauh ketika kecepatan angin lebih tinggi.

Hasil kontur skenario 8 arah mata angin ditunjukkan pada Lampiran 9.

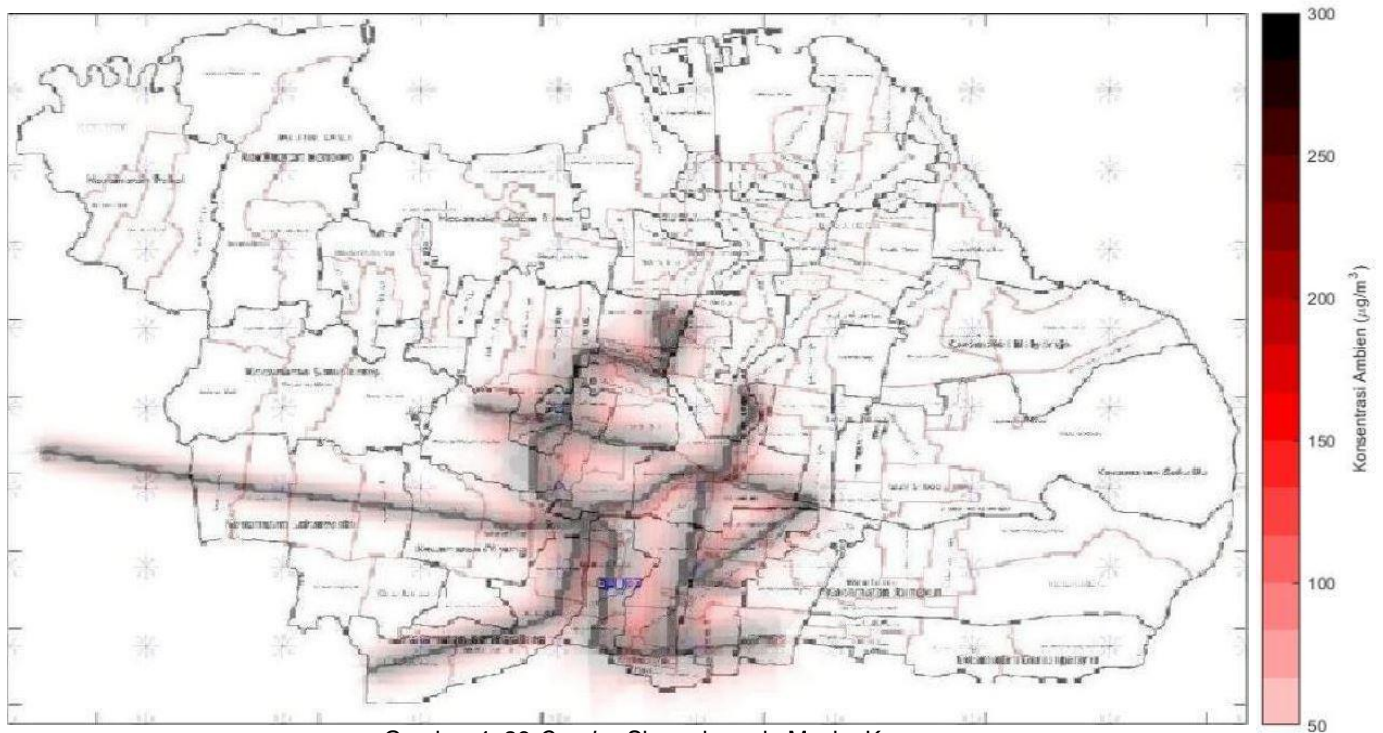
Selanjutnya setelah skenario model dilakukan *overlay* terhadap skenario yang memiliki persebaran dispersi terluas dengan konsentrasi yang tinggi pada musim kemarau dan musim hujan yaitu dipilih hasil skenario pada kecepatan tertinggi atau skala beaufort 5. *Overlay* diperlukan untuk mengetahui jarak sebaran dispersi dari pencemar lalu lintas. Berikutnya adalah pembuatan *script* MATLAB untuk *overlay*. *Script* model ini membutuhkan input hasil skenario.

```
A = imread('12-34.jpg');
```

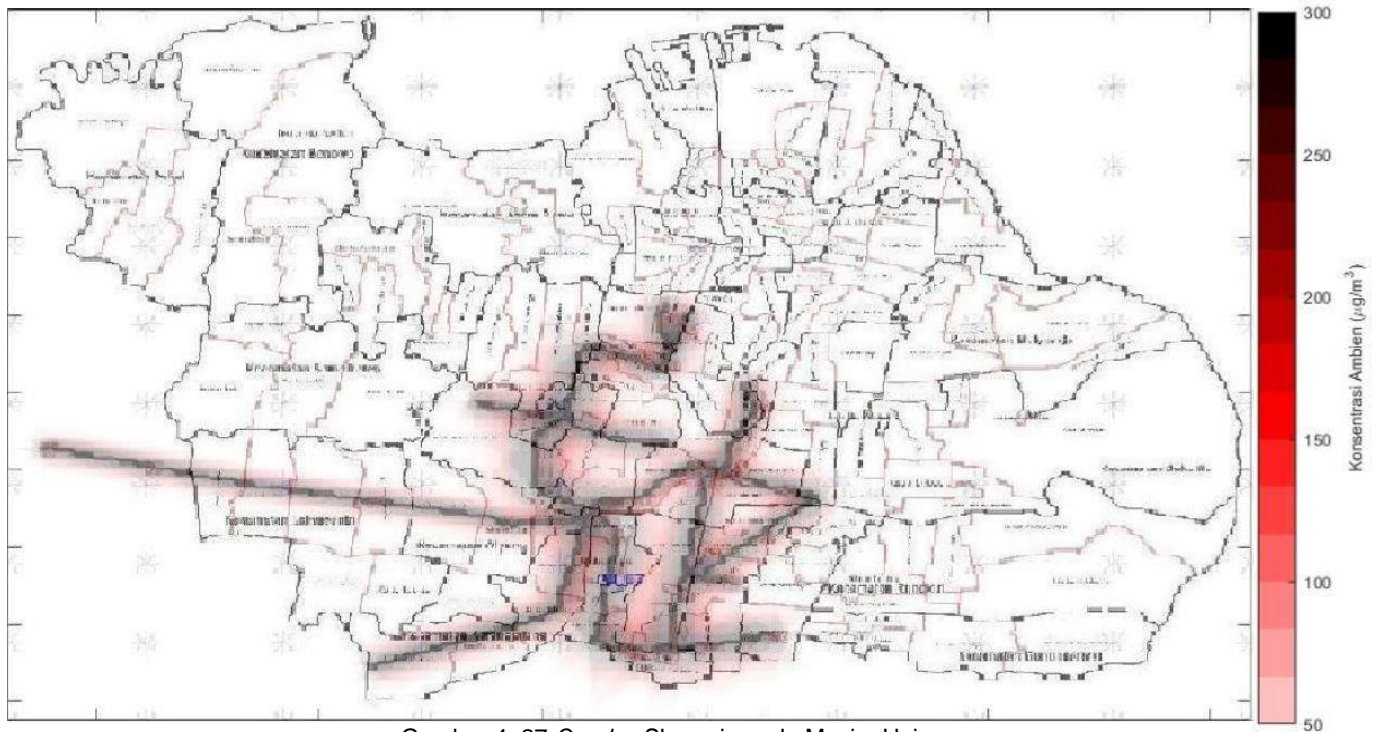
```
B = imread('56-78.jpg');
```

```
C = imfuse(A,B,'blend','Scaling','joint');  
imshow(C)
```

Berdasarkan hasil overlay pada kedua musim diperoleh hasil pada musim kemarau yang ditunjukkan pada Gambar 4.26 dan hasil pada musim hujan ditunjukkan pada Gambar 4.27 sebagai berikut.

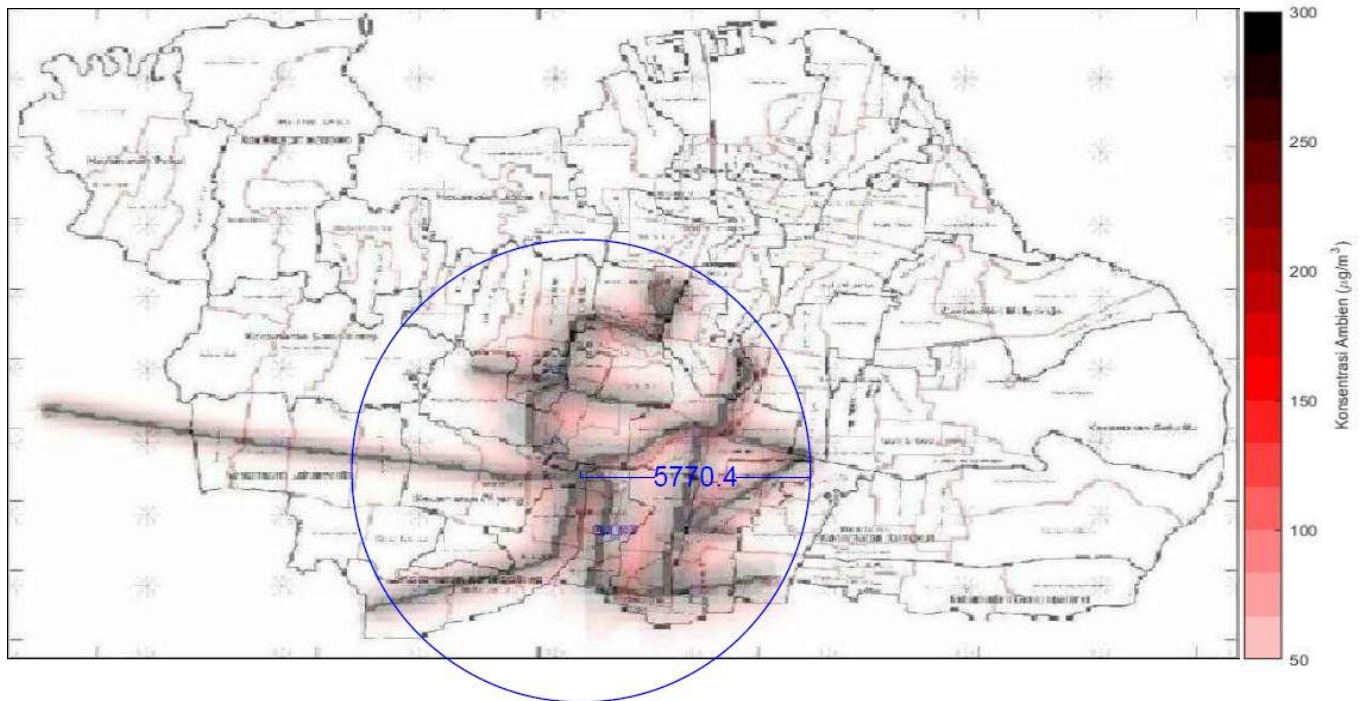


Gambar 4. 26 Overlay Skenario pada Musim Kemarau
 Sumber: Hasil Menjalankan MATLAB

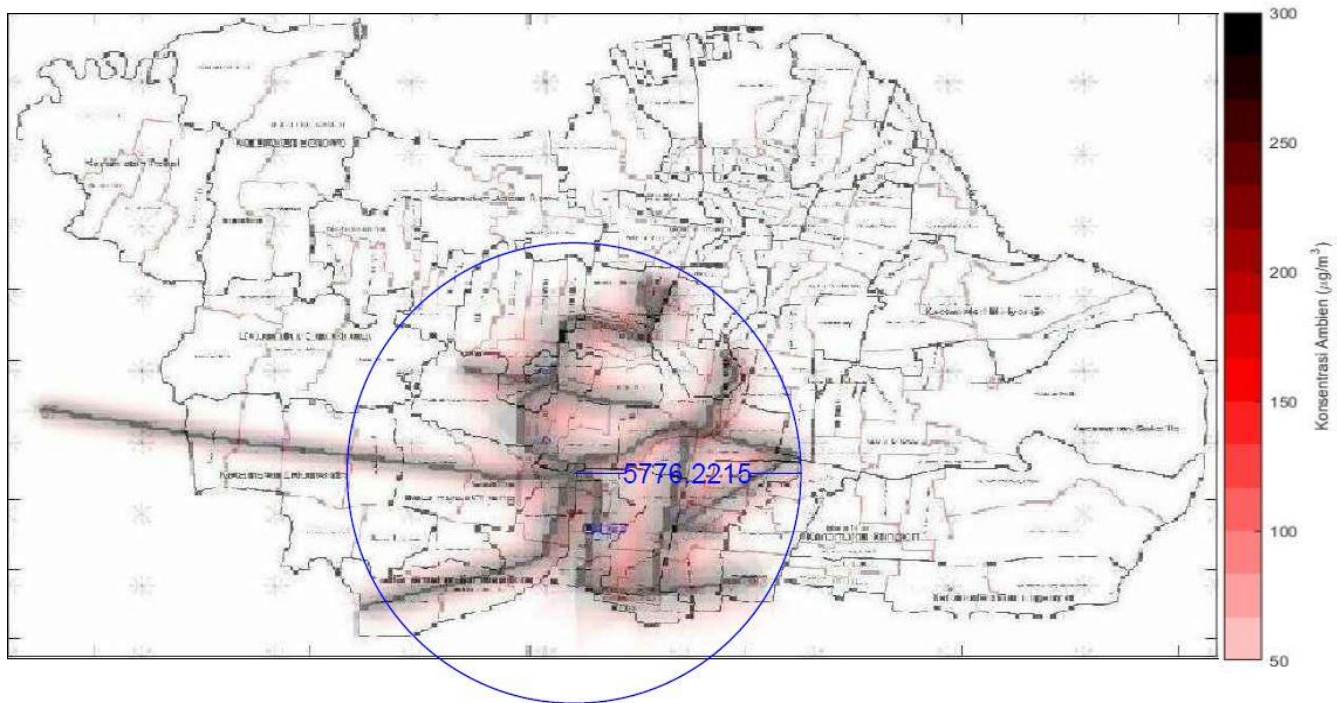


Gambar 4. 27 *Overlay* Skenario pada Musim Hujan
Sumber: Hasil Menjalankan MATLAB

Berdasarkan hasil *overlay* scenario terburuk diperoleh gambaran bahwa pola persebaran dispersi pada 8 arah mata angin memiliki persebaran yang luas dan melebihi wilayah Surabaya Selatan. Selanjutnya setelah memperoleh hasil *overlay* skenario pada tiap musim adalah mengukur jarak pola sebaran dispersi, pengukuran dilakukan dengan mengetahui jarak terluar dari akumulasi sumber pencemar *line source* pada wilayah Surabaya Selatan. Perhitungan jarak dilakukan dengan mengukur warna pola persebaran dispersi yang melebihi baku mutu SO_2 yaitu $262 \mu\text{g}/\text{N.m}^3$ mengacu pada Peraturan Gubernur Jatim No. 10 Tahun 2009 dimana jarak yang diacu yaitu dari Jalan Tol Surabaya-Gempol. Warna pola persebaran dispersi pada hasil *overlay* yang melebihi baku mutu SO_2 ditandai dengan warna hitam sesuai dengan grafik batang konsentrasi ambien. Berikut ini adalah hasil pengukuran jarak pola persebaran dispersi yang melebihi baku mutu pada akumulasi pencemara ditunjukkan pada Gambar 4.28 dan Gambar 4.29



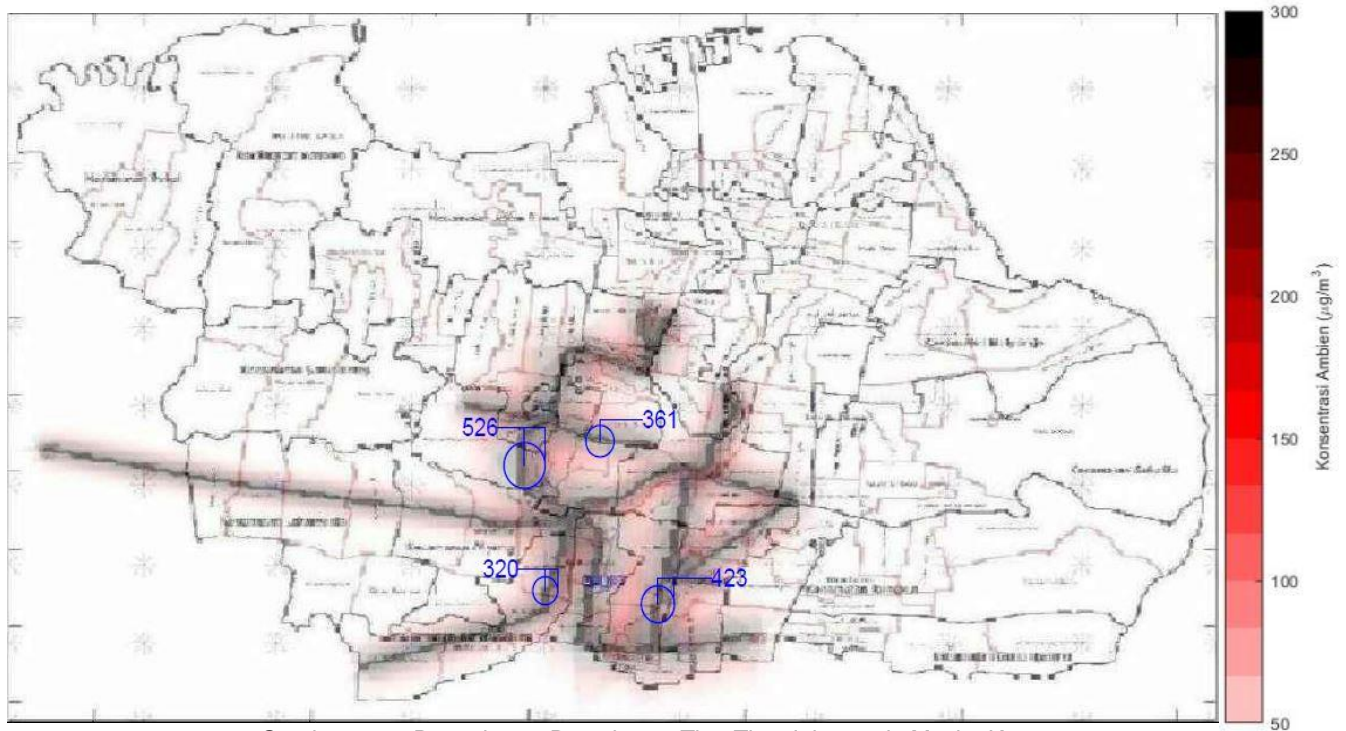
Gambar 4. 28 Pengukuran Persebaran Pencemar pada Musim Kemarau
Sumber: Hasil Pengukuran



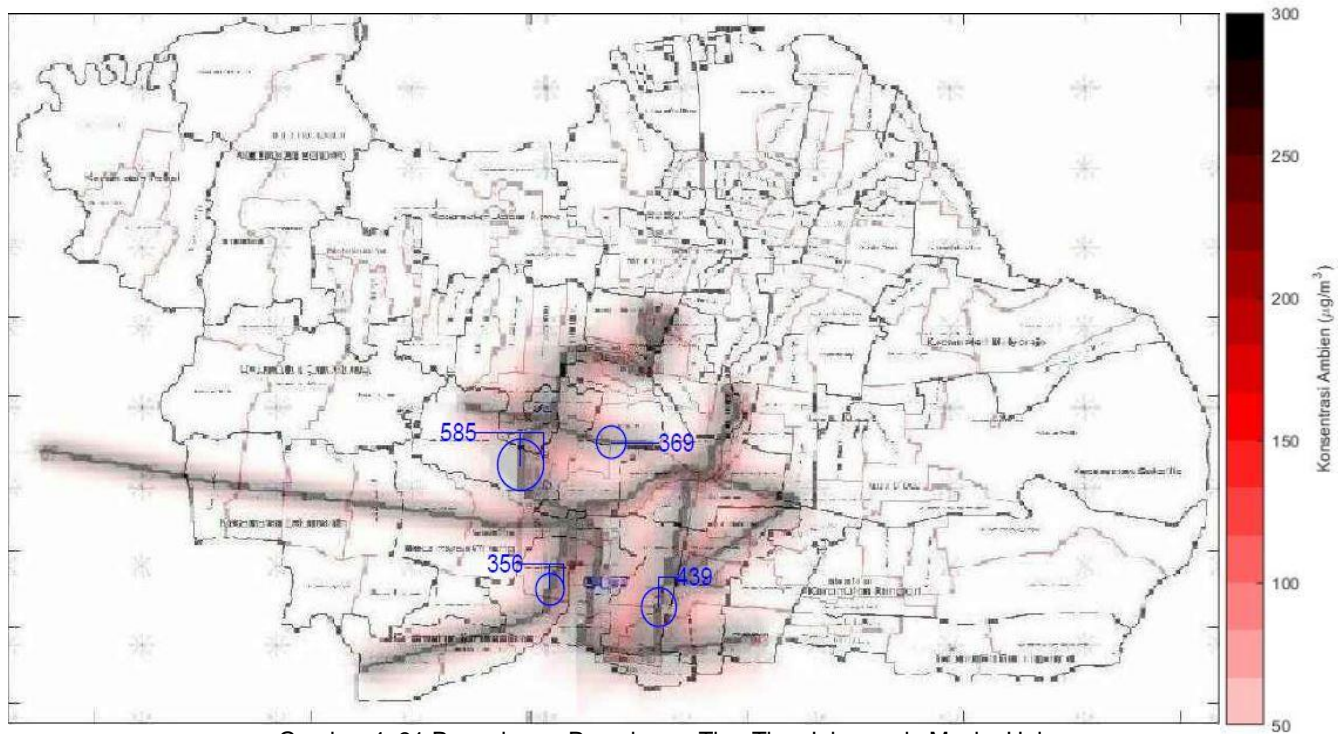
Gambar 4. 29 Pengukuran Persebaran Pencemar pada Musim Hujan
Sumber: Hasil Pengukuran

Perhitungan jarak akumulasi sumber pencemar *line source* pada wilayah Surabaya Selatan yang melebihi baku mutu SO_2 diukur dari Jalan Tol Surabaya-Gempol untuk musim kemarau yaitu 5770,4 m dan musim hujan yaitu 5776,2 m. Pada kedua musim jarak terluar akumulasi pencemar tidak terlalu berbeda dikarenakan kecepatan angin pada musim kemarau dan musim hujan tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Berdasarkan perhitungan jarak dapat diketahui semakin banyak sumber emisi dapat menyebabkan akumulasi konsentrasi pencemar.

Langkah berikutnya untuk mengetahui persebaran pencemar pada tiap tipe jalan. Untuk mengetahui jarak persebaran dari tiap tipe jalan dipilih satu jalan dari tiap tipe. Jalan yang dipilih adalah jalan dengan beban pencemar tertinggi sehingga dapat menunjukkan jarak persebaran yang jauh. Jalan yang dipilih untuk tipe jalan tol adalah Jalan Tol Surabaya-Gempol, tipe jalan arteri primer adalah Jalan Ahmad Yani, tipe jalan arteri sekunder adalah Jalan Majend Sungkono dan tipe jalan Kolektor Primer adalah Jalan Mastrip. Perhitungan jarak dilakukan dengan mengukur warna pola persebaran dispersi yang melebihi baku mutu SO_2 mengacu pada Peraturan Gubernur Jatim No. 10 Tahun 2009. Warna pola persebaran dispersi pada hasil overlay yang melebihi baku mutu SO_2 ditandai dengan warna hitam sesuai dengan grafik batang konsentrasi ambien. Lokasi pengukuran jarak yang dipilih adalah lokasi jalan dimana berjauhan dengan jalan lain sehingga lebih akurat untuk mengetahui jarak persebaran. Hasil pengukuran jarak pada tiap tipe jalan untuk musim kemarau dan musim hujan ditunjukkan pada Gambar 4.30 dan 4.31.



Gambar 4. 30 Pengukuran Persebaran Tiap Tipe Jalan pada Musim Kemarau
Sumber: Hasil Pengukuran



Gambar 4. 31 Pengukuran Persebaran Tiap Tipe Jalan pada Musim Hujan
Sumber: Hasil Pengukuran

Berdasarkan hasil perhitungan jalan pada musim kemarau dan musim hujan pada tipe jalan yang dipilih tidak terdapat perbedaan yang signifikan. Pada musim kemarau jarak persebaran pencemar yang melebihi baku mutu SO_2 pada jalan tol adalah 526 m, jalan arteri primer adalah 423 m, jalan arteri sekunder 361 m dan jalan kolektor perimer adalah 320 m. Pada musim hujan jarak persebaran pencemar yang melebihi baku mutu SO_2 pada jalan tol adalah 585 m, jalan arteri primer adalah 439 m, jalan arteri sekunder 369 m dan jalan kolektor perimer adalah 358 m. Hal ini menunjukkan semakin besar beban pencemar maka pola persebaran dispersi semakin luas. Pola persebaran dispersi selain dipengaruhi oleh beban emisi juga dipengaruhi arah angin, kecepatan angin dan lokasi jalan.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian pemodelan dispersi pencemar konservatif dari aktivitas lalu lintas dengan model Gauss termodifikasi antara lain:

1. Beban Emisi SO₂ tertinggi pada Jalan Tol Surabaya-Gempol sebesar 1,000 g/s dan beban emisi SO₂ terendah pada Jalan Jemur Andayani sebesar 0,078 g/s. Aplikasi model Gauss Termodifikasi untuk estimasi pencemar udara ambien pada Surabaya Selatan dengan memilih hasil arah angin yang menuju SUF pada musim kemarau memberikan hasil yang cukup signifikan dengan hasil monitoring SUF 7 berdasarkan nilai RMSE = 29,718 dan nilai korelasi = 0,379. Pada musim hujan memiliki nilai estimasi konsentrasi dengan hasil monitoring berdasarkan nilai RMSE = 274,511 dan nilai korelasi = 0,410. Nilai korelasi dari model terbangun mendekati 70% dari standar EPA sebesar 0,572 untuk multi sumber yaitu 0,4004.
2. Kualitas udara ambien berdasarkan hasil skenario pemodelan menunjukkan pola persebaran pencemar tertinggi terjadi pada kondisi kecepatan angin tinggi. Hasil *overlay* menunjukkan jarak akumulasi pencemar pada wilayah Surabaya Selatan dari Jalan Tol Surabaya-Gempol yang melebihi baku mutu SO₂ adalah 5770,4-5776,2 m. Pola persebaran pencemar dengan kondisi terburuk pada tiap tipe jalan yang melebihi baku mutu SO₂ untuk jalan tol yaitu 526-585 m, jalan arteri primer yaitu 423-439 m, jalan arteri sekunder 361-369 m dan jalan kolektor primer yaitu 320-358 m.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil pembahasan penelitian antara lain:

1. Melakukan penelitian dengan lebih detail dengan memasukkan jalan lokal, sumber emisi tidak bergerak dan sumber emisi area yang ada di wilayah Surabaya Selatan.

2. Memasukan faktor serapan pencemar oleh ruang terbuka hijau, *flushing* oleh air hujan dan fenomena *street canyon* sebagai faktor yang mempengaruhi dispersi pencemar udara.
3. Melakukan pengembangan pembuatan program piranti lunak yang dapat digunakan untuk pemodelan secara umum.
4. Melakukan penelitian untuk meningkatkan resolusi gambar pada *overlay*.

DAFTAR PUSTAKA

- Agency for Toic Substances and Disease Registry. 2014. **Toxicology Profile for Sulfur Dioxide**. Diakses melalui <http://www.cdc.gov/ToxProfiles/tp116.pdf> pada tanggal 21 Mei 2018.
- Agustiarni, Y. 2008. **Pengaruh Hutan Kota dalam Mengurangi Hujan Asam di Kawasan Industri: Studi Kasus di Kawasan Industri Medan**. Skripsi Departemen Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara Medan.
- Akhadi, M. 2009. **Ekologi Energi Megenali Dampak Lingkungan Dalam Pemanfaatan Sumber-Sumber Energi**. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Aldrian, E. 2001. "Pembagian Iklim Indonesia Berdasarkan Pola Curah Hujan dengan Metoda *Double Correlation*". **Jurnal Sains dan Teknologi Modifikasi Cuaca**. Vol. 2, hal 11-18.
- Amli, M. S., Yuliarto, B., dan Nugraha. 2015. "Desain dan Pembuatan Sistem Pengukuran Kualitas Udara Menggunakan Mikrokontroler". **Journal Auto Control Institut**. ISSN 2085-2517.
- Anggraeni, J. 2008. **Pendugaan pH Air Hujan Berdasarkan Konsentrasi gas SO₂ dengan Pendekatan Hukum Henry: Distribusi Spasial dan Temporar di Kota Bandung**. Skripsi Departemen Geofisika dan Meteorologi Institut Pertanian Bogor.
- Arya, S. P. S. 1981. "Parameterizing the Height of the Stable Atmospheric Boundary layer." **Journal of Applied Meteorology**. Vol. 20, hal. 1192-1202.
- Arhami, M. dan Desiani, A. 2005. **Pemrograman Matlab**. Yogyakarta: Andi.
- Assomadi, A. F. 2016. **Pendekatan Baru Model Distribusi Pencemar di Atmosfer Perkotaan**. Disertasi Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Badan Pengendalian Dampak Lingkungan. 1997. **Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan No. 107 Tahun 1997 tentang Perhitungan dan Pelaporan**

- serta Informasi Indeks Standar Pencemar Udara.** Badan Pengendalian Dampak Lingkungan. Jakarta.
- Badan Pengendalian Dampak Lingkungan. 2003. **Air Quality Monitoring.** Jakarta: Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Kementerian Lingkungan Hidup.
- Badan Pusat Statistika Kota Surabaya. 2017. **Kota Surabaya dalam Angka.** Surabaya: Badan Pusat Statistika Kota Surabaya.
- Beauchemin, S. S., Hamshari, H. O., dan Bauer, M. A. 2009. "Passive Atmospheric Diffusion with Gaussian Fragmentation". **International Journal of Computers and Application.** Vol. 31, hal 97-108.
- Boediningsih, W. 2011. "Dampak Kepadatan Lalu Lintas Terhadap Polusi Udara". **Jurnal Fakultas Hukum.** Vol XX, No. 20.
- Boedisantoso, R. 2002. **Teknologi Pengendalian Pencemar Udara.** Surabaya: Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Bryan, R. T. 2017. "Studi Kelayakan Ekonomi dan Finansial Rencana Pelebaran Jalan Tol Waru-Sidoarjo". **Jurnal Rekayasa Teknik Sipil.** Vol. 1, hal 39-48.
- Budiono, S., Agung, A. S. A. W., dan Hofwan, M. 2017. "Pemanfaatan Lahan Sempadan Sungai Berbasis SIG (Sistem Informasi Geografis)". **Jurnal Teknik.** Vol. 15, No. 1.
- Constantya, Q. 2017. **Studi Pola Konsentrasi Kualitas Udara Ambien Kota Surabaya (Parameter: NO, NO₂ dan O₃).** Tugas Akhir Departemen Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Cooper, C. D. dan Alley, F. C. 2002. **Air Pollution Control 3rd Edition.** USA: Waveland Press Inc.
- Crutcher, H. L. 1956. "On The Standard Vector-Deviation Wind Rose". **Jurnal of Meteorology.** Vol. 14, hal 28-33.
- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga. 1997. **Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI).** Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Dinas Lingkungan Hidup Kota Surabaya. 2015. **Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH) Kota Surabaya,** <URL:

- <http://kotasurabaya.silh.menlh.go.id/indeks-pencemaran-udara-ipu/>>.
- EPA. 1995. **SCREEN3 Model User's Guide**. North California: U.S EPA.
- Gordon, B. 2011. **Surface Temperature Inversions ad Spraying. Grains Research and Development Corporation**. Bill Gordon Consulting Pty Ltd: BGC00001, MRE00001.
- Ha, J.A., and Oh, J.S. 2014. "Estimating Annual Average Daily Traffic using Daily Adjustment Factor." **Journal of Emerging Trends in Computing and Information Sciences**. Vol.5, No. 7, Hal. 580-587.
- Handayani, D., Soelistijadi, R., dan Sunardi. 2005. "Pemanfaatan Analisis Spasial untuk Pengolahan Data Spasial Sistem Informasi Geografi". **Jurnal Teknologi Informasi Dinamik**. Vol. 10, hal 108-116.
- Hassan, H. 2000. "Application of a Line Source Air Quality Model to the Study of Traffic Carbon Monoxide in Brunei Darussalam". **ASEAN Journal on Science and Technology for Development**. Vol. 17, hal 1.
- Herrel, C., Ghosh, B. K., dan Bowdwen, R. O. 2004. **Simulation Using Promodel 2nd Edition**. New York: McGraw-Hill.
- Holzbecher, E. 2012. **Environmental Modeling Using Matlab**. Berlin: Springer.
- Harto, B. S. 1993. **Analisi Hidrologi**. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- IPCC. 2007. Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. **IPCC-TSU NGGIP**. Japan
- Istantinova, N. M. H., Hadiwidodo, D., dan Siwi, H. 2013. **Pengaruh Kecepatan Angin, Kelembaban Udara dan Suhu Udara Ambien di Sekitar PT. Inti General Yaja Steel Semarang**. Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2010. **Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 12 Tahun 2010 tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara di Daerah**. Kementrian Lingkungan Hidup. Jakarta.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2013. **Pedoman Teknis Penyusunan Inventarisasi Emisi Pencemar**

- Udara di Perkotaan.** Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2015. **Indeks Kualitas Lingkungan Hidup Indonesia Tahun 2014.** Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Kristanto, P. 2002. **Ekologi Industri.** Yogyakarta: Andi.
- Kusminingrum, N. dan Gunawan G. 2008. "Polusi Udara Akibat Aktivitas Kendaraan Bermotor di Jalan Perkotaan Pulau Jawa dan Bali". **Jurnal Jalan dan Jembatan.** Vol. 3, hal 25-30.
- Lakes Environmental. 2011. **WRPLOT View Wind Rose Plots for Meteorological Data.** Ontario, Kanada: Lakes Environmental.
- Liu, D. H. F., and Liptak, B. G. 2000. **Air Pollution.** USA: CRC Press LLC.
- Mathew, T. N. 2014. **Fuel Consumption and Emission Studies.** In *Lecture note in Traffic Engineering and Management.* NPETL.
- MathWork. 2008. **MATLAB 7 Getting Started Guide,** 3 Apple Hill Drive, Natick, MA 01760-2098: The MathWork, Inc.
- Muhammad, L. A. 2016. **Pengolahan Limbah Industri.** Yogyakarta: Andi.
- Nevers, N. D. 2000. **Air Pollution Control Engineering 2nd Edition.** Singapore: McGraw-Hill International.
- Nugroho. 2005. **Makalah Mengenai Sumber Pencemaran Udara.** Yogyakarta: Andi.
- Pemerintah Kota Surabaya. 2003. **Peraturan Daerah Kota Surabaya No. 07 Tahun 2003 tentang Retribusi Penggantian Biaya Cetak Peta.** Sekretariat Kota Surabaya. Surabaya.
- Pemerintah Republik Indonesia. 1999. **Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara.** Sekretariat Negara. Jakarta.
- Pemerintah Republik Indonesia. 2004. **Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 tentang Jalan.** Sekretariat Negara. Jakarta.
- Perkins, H. C. 1974. **Air Pollution.** Tokyo: McGraw-Hill Kogakusha Ltd.

- Priambodo, A., Montarcih, L. L., Suhartanto, E. 2012. "Kajian Kalibrasi Hidrografi Representatif di DAS Samiran Kabupaten Pamekasan". **Jurnal Teknik Pengairan**. Vol. 3, No. 2, hal 195-203.
- Russel, A dan Dennis, R. 2000. "NARSTO Critical Review of Photochemical Models and Modelling". **Atmospheric Environment**. Vol. 34, hal 2283-2294.
- Sari, N. K., Harsa, H., dan Boedisantoso, R. 2015. "Penentuan Korelasi Curah Hujan, Ketinggian Lapisan Inversi dan Hubungannya dengan Kualitas Udara Ambien Kota Surabaya". **Jurnal Teknik ITS**. Vol 4, No. 1.
- Sarudji, D. 2010. **Kesehatan Lingkungan**. Bandung: Karya Putra Darwati.
- Sastrawijaya. 2000. **Perencanaan Lingkungan**. Jakarta: PT. Rinika Cipta.
- Seinfeld, J.H. 1986. **Atmospheric Chemistry and Physics of Air Pollution**. Canada: John Wiley and Sons, Inc.
- Sivacoumar, R., Bhanarkar, A. D., Goyal, S. K., dan Aggarwal, A.L. 2001. "Air Pollution Modelling for an Industrial Complex and Model Performance Evaluation". **Environmental Pollution**. Vol. 111, hal 471-477.
- Slamet, J. S. 2009. **Kesehatan Lingkungan**. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Soedomo, M. 2001. **Pencemaran Udara**. Bandung: Institut Teknologi Bandung Press.
- Soemarwoto, O. 1992. **Analisis Dampak Lingkungan**. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Subagyo, P. 1986. **Forecasting Konsep dan Aplikasi**. Yogyakarta: BPPE UGM.
- Suhadi, D. R. 2008. **Penyusunan Petunjuk Teknis Perkiraan Beban Pencemaran Udara dari Kendaraan Bermotor di Indonesia**. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup.
- Sunu, P. 2001. **Melindungi Lingkungan dengan Menerapkan ISO 14001**. Jakarta: PT. Gramedia Widiasarana Indonesia.
- Susanta, G. dan Sutjahjo, H. 2008. **Akankah Indonesia Tenggelam Akibat Pemanasan Global?**. Jakarta: Penebar Plus.

- Thomas, T. S, dan Laurence, G. A. 1975. "Determination of SO₂ Emission from Oil Combustion Source by Fuel Analysis and SO₂/CO₂ Relations". **Journal of the Air Pollution Control Association**. Vol. 25, No. 8.
- Tjasyono, B. 1999. **Klimatologi Umum**. Bandung: Institut Teknologi Bandung Press.
- Wardhana, A. W. 2001. **Dampak Pencemaran Lingkungan**. Yogyakarta: Andi.
- Wicaksana, B. 2015. **Penerapan Model *General Finite Line Source* untuk Memprediksi Konsentrasi Polutan Udara dari Kegiatan Transportasi**. Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Wayan, N. S. P. D., June, T., Yani, M., dan Mujito. 2018. "Estimasi Pola Dispersi Debu, SO₂ dan NO_X dari Industri Semen Menggunakan Model Gauss yang Diintegrasikan dengan Screen3". **Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan**. Vol. 8, No. 1, Hal. 109-119.
- Wisi, W. N. 2012. **Pemodelan Dispersi SO₂ dari Sumber Garis Majemuk (*Multiple Line Sources*) dengan Modifikasi Model Gauss di Jalan Mastrip Raya dan Jalan Pagesangan Surabaya Selatan**. Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Yusrianti. 2014. "Studi Literatur Tentang Pencemar Udara Akibat Aktivitas Kendaraan Bermotor di Jalan Kota Surabaya". **Jurnal Teknik Lingkungan**. ISSN 2460-8815.

LAMPIRAN 1

Data monitoring kualitas udara ambien, kecepatan angin dan arah angin Kota Surabaya
L1.1 Data monitoring kualitas udara ambien SO₂ (Sumber: Dinas Lingkungan Hidup Surabaya, 2018)

■ Data Monitoring 05 April 2017 – 11 April 2017

Konsentrasi SO ₂ (µg/m ³)							
Waktu	5 April	6 April	7 April	8 April	9 April	10 April	11 April
0:30	29.94	26.05	31.20	23.90	22.81	34.81	25.65
1:00	33.93	25.39	32.12	24.20	22.90	29.55	27.55
1:30	32.01	25.42	29.64	23.92	24.05	26.03	26.00
2:00	29.08	24.91	28.20	23.99	24.95	25.01	25.21
2:30	27.52	24.56	27.03	23.68	27.87	24.94	25.35
3:00	31.15	25.07	26.23	23.77	28.16	25.30	31.44
3:30	33.77	25.17	26.40	23.76	26.96	26.65	41.03
4:00	32.68	24.52	26.41	23.66	27.07	26.62	44.87
4:30	32.54	25.27	26.30	23.52	26.72	26.73	57.10
5:00	32.73	26.37	26.03	23.98	25.83	27.62	57.73
5:30	33.53	27.92	25.89	24.06	25.06	30.52	51.80
6:00	33.27	29.75	26.42	24.46	24.94	31.57	47.24
6:30	36.18	36.37	26.62	26.53	26.53	33.10	46.37
7:00	48.20	42.88	26.29	26.52	35.92	38.07	46.97
7:30	46.73	52.52	26.39	25.80	42.85	39.69	47.29
8:00	47.01	52.80	26.91	25.87	39.11	45.01	56.72
8:30	65.23	41.28	26.29	26.47	31.72	45.90	51.41
9:00	55.97	36.19	26.10	27.64	29.64	41.29	39.12
9:30	45.33	33.30	26.20	26.97	30.58	34.47	34.42
10:00	42.10	30.51	26.06	26.37	28.36	30.29	32.20

Konsentrasi SO ₂ (µg/m ³)							
Waktu	5 April	6 April	7 April	8 April	9 April	10 April	11 April
10:30	38.86	29.74	26.43	26.04	27.62	29.34	30.09
11:00	35.28	28.59	26.43	25.85	27.80	30.31	28.05
11:30	31.67	28.37	26.14	25.08	27.44	28.28	29.58
12:00	29.53	28.35	25.82	25.04	27.72	27.21	29.00
12:30	28.47	28.25	25.23	24.54	27.43	27.01	26.07
13:00	27.67	28.11	24.73	25.30	25.98	26.45	25.91
13:30	26.86	28.18	24.66	26.35	26.56	25.80	25.33
14:00	26.64	27.44	25.88	26.49	26.39	25.44	24.84
14:30	27.43	27.74	25.27	26.61	27.42	25.70	24.24
15:00	27.50	28.04	25.52	25.94	26.61	25.93	23.90
15:30	27.12	27.02	25.43	26.44	25.80	26.26	24.05
16:00	28.09	29.36	28.33	27.16	27.70	27.64	25.46
16:30	28.90	35.55	23.51	26.10	27.78	25.02	29.90
17:00	27.92	28.35	25.69	27.35	26.31	25.95	23.50
17:30	26.70	26.40	24.53	25.82	26.83	26.49	23.89
18:00	26.36	26.88	23.88	28.00	27.49	26.34	24.96
18:30	26.61	26.53	23.93	28.88	27.89	25.75	26.71
19:00	26.84	26.09	24.27	28.33	27.42	27.41	30.76
19:30	26.57	26.30	23.77	27.46	29.20	30.57	33.46
20:00	26.21	27.59	23.83	29.33	28.69	28.17	43.31
20:30	25.41	30.53	23.72	27.94	30.10	27.74	38.95
21:00	25.78	31.57	23.54	26.85	37.46	26.54	28.67
21:30	26.87	31.58	24.23	28.18	32.07	25.06	28.38
22:00	28.13	30.91	24.45	28.17	29.18	24.97	29.44

Konsentrasi SO ₂ (µg/m ³)							
Waktu	5 April	6 April	7 April	8 April	9 April	10 April	11 April
22:30	31.60	32.41	24.46	25.59	28.05	25.27	26.51
23:00	32.20	32.78	24.59	24.05	27.46	24.97	26.45
23:30	29.01	31.22	24.82	24.02	29.60	26.68	25.68
24:00:00	28.97	29.78	24.54	23.30	31.84	26.33	27.13

▪ Data Monitoring 11 Oktober 2017 – 17 Oktober 2017

Konsentrasi SO ₂ (µg/m ³)							
Waktu	11 Oktober	12 Oktober	13 Oktober	14 Oktober	15 Oktober	16 Oktober	17 Oktober
0:30	4.15	3.82	3.30	17.52	2.53	2.76	3.79
1:00	3.90	3.53	3.40	18.34	2.29	2.32	3.40
1:30	3.11	3.13	5.15	18.23	2.40	2.17	3.15
2:00	2.83	3.58	9.44	13.70	4.31	2.21	2.84
2:30	2.57	31.69	8.54	7.33	5.64	15.01	2.66
3:00	3.88	42.24	12.72	6.02	8.58	19.05	2.34
3:30	8.88	33.33	29.67	4.93	15.69	17.72	2.29
4:00	9.58	16.90	34.73	4.49	25.73	13.80	2.22
4:30	8.74	12.83	23.68	4.38	35.79	13.52	2.29
5:00	9.72	11.28	15.18	4.38	34.75	23.88	2.39
5:30	9.16	8.78	15.75	6.12	35.32	21.84	2.78
6:00	9.91	7.43	15.75	10.14	37.81	18.30	4.66
6:30	10.68	9.05	15.83	8.05	40.88	25.26	12.28
7:00	16.32	13.39	14.82	6.99	38.86	31.41	15.39
7:30	15.53	18.44	14.39	7.97	35.64	24.09	10.62
8:00	11.51	19.97	9.50	8.50	34.60	37.58	13.30
8:30	6.83	19.02	9.06	5.67	31.82	38.42	18.17

Konsentrasi SO ₂ (µg/m ³)							
Waktu	11 Oktober	12 Oktober	13 Oktober	14 Oktober	15 Oktober	16 Oktober	17 Oktober
9:00	6.37	11.77	7.24	4.47	23.89	23.29	12.10
9:30	6.40	9.00	5.77	3.66	15.35	13.20	8.31
10:00	7.10	7.56	4.83	3.80	12.28	8.11	7.18
10:30	5.91	7.38	4.33	3.60	10.07	6.63	5.67
11:00	5.62	6.15	4.19	4.21	8.31	5.40	4.87
11:30	5.05	6.06	3.91	5.51	7.49	5.23	3.81
12:00	4.51	5.79	3.81	6.06	6.42	4.26	3.67
12:30	4.20	5.60	3.63	5.80	6.00	3.97	3.16
13:00	3.91	4.89	3.72	5.64	5.63	3.58	3.09
13:30	3.70	4.43	3.56	4.99	5.45	3.47	3.68
14:00	3.83	3.81	3.13	5.08	5.18	3.40	3.12
14:30	3.47	3.80	3.60	4.78	4.38	4.82	4.33
15:00	3.32	3.94	4.33	4.44	3.72	5.90	4.24
15:30	3.85	3.59	5.29	4.32	3.90	3.85	3.46
16:00	4.50	4.05	6.43	4.86	4.23	3.74	4.63
16:30	4.02	4.50	5.60	4.62	3.81	4.74	5.34
17:00	3.54	4.94	4.77	4.37	3.39	5.74	6.05
17:30	3.34	5.39	3.90	4.31	3.15	6.29	6.54
18:00	3.82	6.00	3.78	4.30	3.03	4.73	6.00
18:30	4.05	8.35	4.59	3.34	2.84	3.63	4.40
19:00	3.72	6.46	6.83	3.24	2.67	3.38	4.48
19:30	5.34	5.54	7.04	2.78	2.90	3.69	3.99
20:00	6.22	5.65	5.46	2.99	2.72	4.25	4.21
20:30	5.75	6.35	5.12	3.12	2.88	6.14	4.76
21:00	3.94	5.50	4.77	3.49	2.75	5.80	4.85
21:30	3.51	4.69	3.05	3.87	2.72	5.86	4.61

Konsentrasi SO ₂ (µg/m ³)							
Waktu	11 Oktober	12 Oktober	13 Oktober	14 Oktober	15 Oktober	16 Oktober	17 Oktober
22:00	3.19	3.44	3.48	4.29	2.69	5.91	4.52
22:30	3.33	3.49	3.40	4.37	3.99	5.85	4.13
23:00	4.29	3.17	5.99	3.84	4.32	4.94	5.09
23:30	4.45	3.81	8.88	3.15	3.75	4.66	12.52
24:00:00	3.88	3.36	9.45	2.81	2.78	4.16	11.10

L1.2 Data monitoring kecepatan angin (Sumber: Dinas Lingkungan Hidup Surabaya, 2018)

■ Data Monitoring 05 April 2017 – 11 April 2017

Kecepatan Angin (m/s)							
Waktu	5 April	6 April	7 April	8 April	9 April	10 April	11 April
0:30	0.81	0.80	0.78	0.59	1.10	1.24	0.96
1:00	0.99	0.09	1.29	0.83	0.63	1.22	1.39
1:30	1.13	0.19	1.29	0.37	0.85	1.27	1.19
2:00	1.20	0.22	1.19	0.39	0.49	1.26	0.91
2:30	1.00	0.61	1.45	0.33	0.56	1.07	0.88
3:00	0.82	0.89	1.49	0.33	0.61	0.86	0.75
3:30	0.78	0.78	1.45	0.57	0.57	0.96	0.76
4:00	0.86	0.52	1.62	0.92	1.19	1.06	0.53
4:30	0.64	0.04	0.96	0.30	0.96	0.46	0.39
5:00	0.75	0.20	0.68	0.50	0.70	0.30	0.37
5:30	0.68	0.04	0.38	0.69	0.95	0.69	0.47
6:00	0.67	0.51	0.82	0.64	0.61	0.68	0.41
6:30	0.29	0.34	0.35	0.53	0.41	0.52	0.55
7:00	0.27	0.27	0.68	1.08	0.81	0.32	0.64
7:30	0.79	0.09	0.78	1.13	0.86	0.31	0.39
8:00	1.07	0.45	0.59	1.28	1.71	0.24	0.35

Kecepatan Angin (m/s)							
Waktu	5 April	6 April	7 April	8 April	9 April	10 April	11 April
8:30	0.82	1.00	1.26	1.58	1.41	0.12	0.22
9:00	0.81	1.20	1.58	1.73	1.36	0.40	0.38
9:30	0.53	1.10	2.14	1.75	1.13	1.01	0.33
10:00	0.43	1.74	2.24	1.76	0.92	1.18	1.07
10:30	0.70	1.58	2.13	2.37	0.45	1.76	0.93
11:00	0.52	1.63	1.77	2.39	0.55	2.06	0.76
11:30	1.41	2.04	2.22	2.25	0.71	2.32	0.35
12:00	1.09	1.95	2.43	2.40	1.21	2.32	0.34
12:30	2.00	2.00	2.62	2.50	1.21	2.16	1.32
13:00	2.07	2.07	2.69	2.15	1.62	2.14	1.00
13:30	1.98	2.16	2.39	2.65	1.43	2.11	1.42
14:00	1.12	2.06	2.44	2.19	1.10	1.98	1.22
14:30	1.72	1.32	2.05	2.20	1.50	2.04	1.13
15:00	1.82	1.27	1.36	2.36	1.81	2.59	1.02
15:30	2.05	1.14	1.22	2.32	1.67	1.84	1.46
16:00	1.52	0.83	0.79	2.39	1.83	0.96	1.13
16:30	1.52	1.05	1.41	1.84	1.84	1.83	1.14
17:00	0.84	0.93	0.53	2.14	1.67	1.00	0.87
17:30	0.75	0.85	0.43	2.16	1.46	1.04	0.82
18:00	0.80	0.71	1.00	1.64	1.42	0.88	0.88
18:30	0.49	0.45	1.18	2.03	1.12	0.65	0.79
19:00	0.64	0.38	0.92	1.85	1.20	0.93	0.77
19:30	0.47	0.52	0.93	1.69	0.77	1.22	0.64
20:00	0.34	0.78	0.80	1.74	0.63	1.42	0.93
20:30	0.40	0.53	1.19	1.56	0.87	1.37	1.09
21:00	0.39	0.45	0.57	1.06	1.02	1.75	1.13
21:30	0.21	0.66	0.39	1.20	1.33	1.55	1.12

Kecepatan Angin (m/s)							
Waktu	5 April	6 April	7 April	8 April	9 April	10 April	11 April
22:00	0.15	0.98	0.38	1.33	1.05	1.13	1.24
22:30	0.07	0.98	0.55	1.24	0.77	1.15	0.87
23:00	0.69	0.76	0.43	0.42	0.47	0.28	0.89
23:30	1.10	0.68	0.59	0.35	0.14	0.04	1.14
24:00:00	0.82	0.57	1.07	1.00	1.03	0.14	0.95

■ Data Monitoring 11 Oktober 2017 – 17 Oktober 2017

Kecepatan Angin (m/s)							
Waktu	11 Oktober	12 Oktober	13 Oktober	14 Oktober	15 Oktober	16 Oktober	17 Oktober
0:30	0.37	0.33	0.43	0.69	1.16	1.06	1.42
1:00	0.14	0.06	1.06	0.77	1.04	1.00	1.22
1:30	0.11	0.01	1.13	0.89	1.01	0.81	1.11
2:00	0.07	0.77	0.83	1.15	0.88	0.96	1.15
2:30	0.22	0.69	0.71	1.04	1.01	1.09	1.22
3:00	1.26	0.87	0.46	1.03	0.69	0.99	1.05
3:30	0.98	0.77	0.32	0.52	0.25	1.31	0.65
4:00	0.91	0.94	0.35	0.67	0.36	1.01	0.40
4:30	0.64	0.75	0.70	0.55	0.31	0.89	0.59
5:00	1.04	0.76	0.40	0.51	0.33	0.99	0.57
5:30	0.82	1.01	0.09	0.39	0.44	0.86	0.61
6:00	0.79	1.18	0.21	0.71	0.39	0.54	0.33
6:30	0.99	0.66	0.43	1.05	0.68	0.83	0.80
7:00	1.20	0.43	0.61	1.00	0.84	1.35	1.21
7:30	0.94	0.79	0.52	1.23	0.55	0.88	0.46
8:00	0.76	0.25	0.89	0.71	0.14	0.44	0.42
8:30	0.41	0.99	0.77	0.66	0.41	0.56	0.85

Kecepatan Angin (m/s)							
Waktu	11 Oktober	12 Oktober	13 Oktober	14 Oktober	15 Oktober	16 Oktober	17 Oktober
9:00	0.32	1.60	1.12	0.68	0.49	0.61	0.92
9:30	0.93	1.21	1.03	0.44	0.79	1.25	1.08
10:00	1.02	1.62	0.96	0.22	0.45	0.92	1.30
10:30	1.56	1.43	1.03	0.80	0.82	0.95	1.20
11:00	1.72	1.43	0.92	0.72	0.03	1.28	1.09
11:30	2.07	1.78	1.13	0.67	0.40	1.08	1.22
12:00	1.97	1.95	1.39	0.71	0.74	0.95	0.95
12:30	2.72	1.70	2.38	0.17	1.24	1.01	0.90
13:00	2.75	1.79	1.70	1.06	1.42	1.31	1.16
13:30	2.83	2.48	2.46	0.59	1.33	1.17	0.95
14:00	2.51	2.39	1.85	0.63	0.74	0.81	1.21
14:30	2.64	2.16	1.70	1.50	1.10	1.97	1.17
15:00	2.81	2.53	2.05	1.83	1.23	1.83	0.81
15:30	2.25	2.39	1.64	1.16	1.12	1.68	1.12
16:00	2.75	2.28	1.52	1.89	1.53	1.43	0.79
16:30	2.49	2.04	1.64	1.62	1.81	1.46	1.24
17:00	2.22	1.81	1.75	1.34	2.10	1.49	1.69
17:30	2.52	1.59	1.84	1.48	1.66	1.70	1.18
18:00	2.16	1.73	1.91	1.81	1.73	1.34	0.91
18:30	2.20	1.55	1.24	1.74	1.52	0.84	1.35
19:00	2.25	0.54	0.63	1.39	1.69	0.16	1.41
19:30	1.98	0.32	0.67	1.11	0.89	0.14	1.47
20:00	1.66	0.88	0.56	0.81	1.02	0.66	1.02
20:30	1.81	0.70	0.27	0.69	1.02	0.82	0.95
21:00	1.80	0.65	1.14	0.79	1.43	0.45	0.72
21:30	1.90	0.60	2.53	0.61	0.80	0.48	1.08

Kecepatan Angin (m/s)							
Waktu	11 Oktober	12 Oktober	13 Oktober	14 Oktober	15 Oktober	16 Oktober	17 Oktober
22:00	1.54	0.96	1.49	0.49	0.43	0.68	1.04
22:30	1.25	0.71	1.14	0.12	0.12	0.96	0.89
23:00	1.23	0.69	0.96	0.64	0.03	1.06	0.88
23:30	1.12	0.48	0.78	1.18	1.46	1.12	0.75
24:00:00	0.58	0.14	0.50	1.15	1.41	0.85	0.71

L1.3 Data monitoring arah angin (Sumber: Dinas Lingkungan Hidup Surabaya, 2018)

■ Data Monitoring 05 April 2017 – 11 April 2017

Arah Angin (Derajat)							
Waktu	5 April	6 April	7 April	8 April	9 April	10 April	11 April
0:30	289.22	100.84	110.19	148.02	199.68	287.67	297.69
1:00	297.70	84.17	114.42	166.70	174.86	296.87	293.30
1:30	300.90	315.40	114.00	137.39	173.77	287.26	298.05
2:00	287.90	267.20	113.45	143.92	258.50	301.38	288.46
2:30	277.03	292.53	111.37	134.51	275.54	302.14	275.06
3:00	287.96	289.04	114.17	130.39	268.18	287.69	279.87
3:30	313.43	297.53	110.77	137.11	274.92	290.82	277.68
4:00	306.61	288.99	114.97	158.76	290.68	300.70	263.24
4:30	288.02	318.50	137.80	160.02	296.00	284.00	318.08
5:00	304.49	243.71	137.32	128.57	295.04	266.36	279.04
5:30	297.74	26.66	133.89	114.49	305.94	275.42	275.35
6:00	310.22	294.76	147.67	106.66	286.27	297.48	301.76
6:30	292.77	291.04	171.79	120.16	262.12	277.27	294.04
7:00	205.91	272.38	195.04	135.82	233.30	292.77	288.15

Arah Angin (Derajat)							
Waktu	5 April	6 April	7 April	8 April	9 April	10 April	11 April
7:30	196.78	224.40	204.05	133.59	221.33	312.12	278.69
8:00	198.28	164.29	145.92	112.80	206.62	299.68	307.25
8:30	196.26	152.36	131.38	109.29	202.11	346.19	344.82
9:00	191.62	158.13	129.89	106.58	199.61	182.68	12.24
9:30	177.48	144.97	112.01	106.72	186.78	133.61	200.17
10:00	52.06	118.12	119.18	111.57	195.43	121.44	179.97
10:30	21.48	117.19	107.93	117.90	90.65	137.72	190.36
11:00	114.68	111.89	111.09	118.46	109.12	123.38	161.25
11:30	111.50	117.74	111.35	111.72	101.31	131.67	305.72
12:00	114.94	122.55	112.09	110.20	109.41	114.72	35.04
12:30	129.22	122.59	117.63	113.88	100.47	109.38	114.10
13:00	118.90	111.38	121.31	103.68	100.99	114.56	90.21
13:30	123.80	115.31	111.50	107.53	104.68	116.53	105.33
14:00	113.00	119.29	108.77	104.42	77.51	108.79	103.48
14:30	120.68	96.85	105.88	119.39	112.97	103.50	68.40
15:00	113.68	96.04	93.02	118.35	124.00	104.92	83.74
15:30	113.67	63.19	91.53	112.08	115.31	99.88	102.74
16:00	119.94	81.01	89.80	108.86	109.09	86.09	83.30
16:30	100.68	89.67	59.34	82.55	108.78	137.82	138.46
17:00	78.97	47.10	36.00	105.13	107.46	80.09	75.60
17:30	73.06	80.66	28.38	100.04	106.67	97.59	83.94
18:00	73.34	93.80	13.06	107.20	103.67	95.38	103.60

Arah Angin (Derajat)							
Waktu	5 April	6 April	7 April	8 April	9 April	10 April	11 April
18:30	75.54	80.99	43.14	102.02	98.40	83.96	100.43
19:00	81.16	75.01	36.28	104.81	95.72	103.59	109.06
19:30	78.38	67.10	39.48	103.32	96.17	112.29	105.54
20:00	51.72	99.27	37.03	104.31	89.66	118.07	110.50
20:30	39.95	107.14	42.26	110.11	99.99	110.74	107.97
21:00	74.23	104.91	52.25	97.85	110.87	107.78	107.34
21:30	85.03	112.71	69.75	103.11	106.55	109.71	95.32
22:00	113.95	106.62	35.62	112.18	112.59	110.41	93.36
22:30	122.74	114.26	64.62	107.88	101.71	113.22	86.69
23:00	190.89	104.80	78.50	84.30	73.70	111.04	97.27
23:30	180.83	102.87	135.60	189.01	32.29	34.95	107.92
24:00:00	129.21	101.85	141.95	171.62	281.89	282.11	114.27

▪ Data Monitoring 11 Oktober 2017 – 17 Oktober 2017

Arah Angin (Derajat)							
Waktu	11 Oktober	12 Oktober	13 Oktober	14 Oktober	15 Oktober	16 Oktober	17 Oktober
0:30	88.12	119.39	287.67	157.42	287.52	291.91	313.44
1:00	56.64	47.60	273.69	337.03	276.41	287.63	298.86
1:30	131.69	255.97	278.79	296.21	279.81	291.32	319.53
2:00	112.56	235.45	257.22	301.54	267.57	264.28	297.85
2:30	308.44	271.42	265.29	290.48	274.02	287.38	292.13
3:00	296.91	287.43	274.22	291.71	278.56	285.57	304.26
3:30	282.07	301.21	264.35	293.25	260.61	288.73	302.92

Arah Angin (Derajat)							
Waktu	11 Oktober	12 Oktober	13 Oktober	14 Oktober	15 Oktober	16 Oktober	17 Oktober
4:00	296.36	304.41	253.68	277.84	259.58	279.73	255.17
4:30	296.50	297.77	190.97	288.07	273.74	270.01	277.96
5:00	302.33	299.14	205.33	291.38	265.47	217.58	298.28
5:30	299.81	297.61	113.42	324.30	260.59	208.24	288.85
6:00	306.44	307.52	5.29	341.25	266.44	284.75	297.64
6:30	310.12	304.48	354.29	334.14	310.75	310.62	288.77
7:00	283.62	294.14	335.72	309.69	302.00	300.40	298.43
7:30	298.92	280.90	29.80	325.89	304.61	266.56	297.09
8:00	284.62	195.54	80.48	328.08	189.26	245.90	233.30
8:30	260.30	101.92	99.33	298.53	49.27	42.93	289.62
9:00	64.49	107.27	126.55	273.08	43.15	67.77	305.48
9:30	132.74	130.42	149.61	274.42	0.96	14.31	307.61
10:00	104.89	114.07	142.71	163.80	360.42	15.89	305.15
10:30	104.88	119.45	118.35	10.29	357.72	104.39	295.71
11:00	121.83	107.18	104.69	89.92	27.38	106.94	295.12
11:30	111.84	118.11	149.53	51.96	76.01	29.68	277.06
12:00	104.45	120.20	139.83	354.29	326.53	83.74	245.15
12:30	109.32	107.31	113.27	1.29	12.92	37.68	295.08
13:00	105.27	95.71	114.12	26.05	1.80	15.75	328.66
13:30	105.40	115.63	111.79	27.42	6.56	24.42	53.55
14:00	97.03	117.10	103.13	69.46	30.77	167.17	106.88
14:30	102.40	101.55	100.39	96.48	67.09	239.60	101.47
15:00	97.39	103.82	107.76	101.40	85.77	190.16	47.21

Arah Angin (Derajat)							
Waktu	11 Oktober	12 Oktober	13 Oktober	14 Oktober	15 Oktober	16 Oktober	17 Oktober
15:30	97.82	109.96	107.66	87.86	85.69	194.16	90.57
16:00	109.08	113.43	95.17	101.43	105.23	178.39	73.75
16:30	109.78	112.25	104.60	94.13	105.78	162.62	150.20
17:00	110.47	111.07	114.04	86.83	106.32	214.27	226.65
17:30	110.50	116.27	114.83	113.95	104.37	191.84	188.75
18:00	110.17	111.22	109.49	116.54	105.18	198.78	148.56
18:30	111.69	108.69	104.96	116.71	104.98	202.50	119.84
19:00	110.57	115.84	93.21	138.07	108.75	191.96	107.92
19:30	108.69	64.24	121.64	132.27	90.88	293.28	111.83
20:00	105.46	120.44	114.72	124.43	92.14	291.24	113.94
20:30	115.04	125.72	84.68	125.36	99.93	294.93	113.22
21:00	107.73	125.21	358.61	115.41	108.74	320.00	125.92
21:30	108.68	132.46	343.25	94.40	104.32	246.93	112.24
22:00	118.85	125.51	307.11	88.05	96.30	275.10	114.31
22:30	122.66	127.84	280.32	248.21	88.18	303.42	135.12
23:00	110.24	114.87	269.83	272.05	275.85	322.74	220.17
23:30	113.17	113.84	268.37	291.94	290.33	342.27	282.99
24:00:00	112.32	114.46	220.29	280.25	288.67	330.19	258.82

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN 2

Contoh Data *Traffic Counting* Tahun 2017 (Sumber: Dinas Perhubungan Kota Surabaya, 2018)

L2.1 Data Traffic Counting Dinas Perhubungan Lokasi Survey Jalan Ahmad Yani

Nama Jalan : Jl. Mayjen Sungkono

Arah Survei Jalan : Ke Timur

Posisi Survei : Depan Shangrila

Waktu : 05.00 - 21.00

Cuaca : Cerah

Waktu (int 10 menit)	Jenis Kendaraan												
	Sepeda motor	Mobil pribadi	Angkot	Taksi	Bus mini	Pic up/Box	Mini truk	Bus besar	Truk 2 sb	Truk 3 sb	Truk gandeng	Trailer	Kendaraan tak bermotor
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
05.00-05.10	207	188	2	4	0	8	0	0	0	0	0	0	3
05.10-05.20	218	182	4	2	0	14	2	0	0	0	0	0	0
05.20-05.30	230	187	1	5	1	13	0	0	0	0	0	0	0
05.30-05.40	265	192	0	6	0	5	0	0	0	0	0	0	0
05.40-05.50	276	198	3	4	0	9	0	2	0	0	0	0	0
05.50-06.00	285	199	2	0	0	12	1	0	0	0	0	0	2
06.00-06.10	326	207	2	6	0	13	3	0	0	0	0	0	3
06.10-06.20	347	265	1	12	0	10	2	0	0	0	0	0	2
06.20-06.30	359	266	2	8	0	9	0	1	1	0	0	0	0
06.30-06.40	367	278	0	7	0	4	0	0	0	0	0	0	1
06.40-06.50	319	297	1	3	0	7	1	0	2	0	0	0	0
06.50-07.00	407	308	0	2	1	3	0	1	0	0	0	0	0
07.00-07.10	407	301	0	2	1	12	2	0	2	1	0	0	3
07.10-07.20	459	326	0	0	1	14	0	0	0	0	0	0	2
07.20-07.30	577	329	1	6	2	11	0	0	0	0	0	0	1
07.30-07.40	579	357	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0
07.40-07.50	677	367	2	4	0	17	1	0	1	0	0	1	1
07.50-08.00	669	378	2	2	0	19	0	0	0	0	0	0	0
08.00-08.10	679	376	2	3	0	8	3	0	0	0	0	1	0
08.10-08.20	631	382	0	2	0	10	0	0	0	0	0	0	1
08.20-08.30	509	345	0	0	0	7	1	0	0	0	0	0	0
08.30-08.40	575	392	1	0	0	3	1	0	0	0	0	0	2
08.40-08.50	513	394	0	0	0	14	0	0	1	1	0	0	0
08.50-09.00	502	387	0	1	0	3	0	1	0	0	0	0	0
09.00-09.10	435	286	2	6	0	14	0	0	0	0	0	0	2
09.10-09.20	427	270	0	3	0	10	1	0	1	0	0	0	0

Waktu (int 10 menit)	Jenis Kendaraan												
	Sepeda motor	Mobil pribadi	Angkot	Taksi	Bus mini	Pic up/Box	Mini truk	Bus besar	Truk 2 sb	Truk 3 sb	Truk gandeng	Trailer	Kendaraan tak bermotor
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
09.20-09.30	456	289	0	7	0	14	0	1	0	0	0	0	0
09.30-09.40	427	245	1	2	0	18	0	0	0	0	0	0	0
09.40-09.50	395	278	0	2	0	20	0	0	0	0	0	0	0
09.50-10.00	386	280	0	4	0	13	0	0	0	0	0	0	0
10.00-10.10	381	286	2	7	0	8	2	0	3	0	0	0	3
10.10-10.20	250	199	0	10	0	10	0	1	0	0	0	0	2
10.20-10.30	231	170	0	12	0	9	0	0	0	0	0	0	1
10.30-10.40	266	185	1	3	0	13	0	0	0	0	0	0	0
10.40-10.50	221	192	2	0	0	7	0	0	0	1	0	0	0
10.50-11.00	195	185	0	2	0	10	1	0	1	0	0	0	0
11.00-11.10	195	85	2	12	0	10	2	0	0	0	0	0	1
11.10-11.20	182	97	0	8	0	9	1	0	0	0	0	0	0
11.20-11.30	183	102	0	14	0	11	0	0	0	2	0	0	0
11.30-11.40	191	108	0	9	0	7	0	0	0	0	0	0	0
11.40-11.50	120	92	1	10	0	8	1	0	0	0	0	0	1
11.50-12.00	145	91	0	11	0	9	0	0	0	0	0	0	0
12.00-12.10	171	18	2	4	0	16	0	0	0	0	0	0	2
12.10-12.20	162	121	0	3	0	11	1	0	0	0	0	0	0
12.20-12.30	166	109	0	2	0	12	0	0	0	0	0	0	0
12.30-12.40	182	87	1	4	0	14	0	0	0	0	1	1	0
12.40-12.50	177	92	0	0	0	13	2	0	0	0	0	0	1
12.50-13.00	165	102	0	1	0	8	0	0	0	0	0	0	0
13.00-13.10	721	0	4	7	1	2	0	0	0	0	0	0	1
13.10-13.20	751	0	3	8	4	6	2	0	0	0	0	0	2
13.20-13.30	761	0	0	4	3	7	0	0	0	0	0	0	3
13.30-13.40	791	0	3	7	1	8	0	1	0	0	0	0	0
13.40-13.50	782	0	1	6	0	1	0	0	0	0	0	0	0
13.50-14.00	793	0	2	1	0	2	0	0	0	0	0	0	1
14.00-14.10	954	254	7	4	1	3	1	0	0	0	0	0	0
14.10-14.20	923	261	10	3	1	4	0	0	0	0	0	0	0
14.20-14.30	944	268	13	5	0	7	0	0	0	0	0	0	0
14.30-14.40	897	271	5	3	1	6	1	0	0	0	0	0	0
14.40-14.50	863	317	7	6	0	5	0	0	0	0	0	0	0
14.50-15.00	906	323	10	4	0	3	0	0	0	0	0	0	0
15.00-15.10	840	398	14	8	0	20	0	0	0	0	0	0	3
15.10-15.20	921	408	12	7	0	21	0	0	0	0	0	0	0
15.20-15.30	931	412	8	7	1	16	0	0	0	0	0	0	2

Waktu (int 10 menit)	Jenis Kendaraan												
	Sepeda motor	Mobil pribadi	Angkot	Taksi	Bus mini	Pic up/Box	Mini truk	Bus besar	Truk 2 sb	Truk 3 sb	Truk gandeng	Trailer	Kendaraan tak bermotor
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
15.30-15.40	952	387	9	6	0	12	1	0	0	0	0	0	0
15.40-15.50	943	382	7	7	0	14	0	0	0	0	0	0	1
15.50-16.00	901	413	12	5	0	18	1	0	0	0	0	0	0
16.00-16.10	1041	408	3	3	0	2	0	0	0	0	0	0	1
16.10-16.20	981	389	4	7	1	3	0	0	0	0	0	0	3
16.20-16.30	1051	415	0	5	1	7	0	0	0	0	0	0	0
16.30-16.40	1027	421	2	1	0	4	1	0	0	0	0	0	0
16.40-16.50	976	427	1	5	0	6	0	0	0	0	0	0	1
16.50-17.00	981	392	0	4	0	1	0	0	0	0	0	0	1
17.00-17.10	952	372	1	3	0	1	0	0	0	0	0	0	1
17.10-17.20	943	361	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17.20-17.30	912	347	0	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0
17.30-17.40	891	292	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
17.40-17.50	883	287	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0	3
17.50-18.00	872	281	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1
18.00-18.10	781	261	1	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0
18.10-18.20	741	256	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18.20-18.30	691	243	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
18.30-18.40	657	223	1	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0
18.40-18.50	619	212	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0
18.50-19.00	513	201	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1
19.00-19.10	456	198	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1
19.10-19.20	421	181	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19.20-19.30	373	198	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
19.30-19.40	361	211	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
19.40-19.50	371	209	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19.50-20.00	346	171	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20.00-20.10	291	181	1	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0
20.10-20.20	298	193	0	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0
20.20-20.30	271	161	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20.30-20.40	286	172	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
20.40-20.50	251	168	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20.50-21.00	243	175	0	1	0	0		0	0	0	0	0	0
Jumlah	51546	23170	195	397	26	711	35	8	12	5	1	3	62

L2.2 Data Traffic Counting PT. Jasa Marga

no	jam	GERBANG					
		Dupak 1	GOL.1 (MOBIL)	(TRUK 2 AS)	GOL 3 (TRUK 3 AS)	GOL 4 (TRUK 4 AS)	GOL 5 (TRUK 5 AS)
1	06.00-06.59	509	336	69	32	51	21
2	07.00-07.59	525	347	71	33	53	21
3	08.00-08.59	757	500	103	47	76	31
4	09.00-09.59	980	647	133	61	99	40
5	10.00-10.59	1066	704	145	67	107	44
6	11.00-11.59	1135	750	154	71	114	46
7	12.00-12.59	1099	726	149	69	111	45
8	13.00-13.59	1226	810	166	76	123	50
			0	0	0	0	0
9	14.00-14.59	1370	905	186	85	138	56
10	15.00-15.59	1515	1001	205	95	152	62
11	16.00-16.59	1647	1088	223	103	166	67
12	17.00-17.59	1757	1161	238	110	177	72
13	18.00-18.59	993	656	135	62	100	41
14	19.00-19.59	744	491	101	46	75	30
15	20.00-20.59	737	487	100	46	74	30
16	21.00-21.59	575	380	78	36	58	24
			0	0	0	0	0
17	22.00-22.59	406	268	55	25	41	17
18	23.00-23.59	297	196	40	19	30	12
19	00.00-00.59	227	150	31	14	23	9
20	01.00-01.59	211	139	29	13	21	9
21	02.00-02.59	196	129	27	12	20	8
22	03.00-03.59	194	128	26	12	20	8
23	04.00-04.59	288	190	39	18	29	12
24	05.00-05.59	358	236	49	22	36	15

L2.3 Data Traffic Counting PT. Citra Margatama Surabaya

no	jam	GERBANG					
		TAMBAK SUMUR 1	GOL.1 (MOBIL)	GOL 2 (TRUK 2)	GOL 3 (TRUK 3)	GOL 4 (TRUK 4)	GOL 5 (TRUK 5)
1	06.00-06.59	194	177	11	3	2	1
2	07.00-07.59	218	198	12	4	2	1
3	08.00-08.59	21	19	1	0	0	0
4	09.00-09.59	254	231	14	4	3	2
5	10.00-10.59	249	227	14	4	3	2
6	11.00-11.59	230	209	13	4	2	1
7	12.00-12.59	229	208	13	4	2	1
8	13.00-13.59	229	208	13	4	2	1
9	14.00-14.59	215	196	12	4	2	1
10	15.00-15.59	280	255	15	5	3	2
11	16.00-16.59	368	335	20	6	4	2
12	17.00-17.59	261	238	14	5	3	2
13	18.00-18.59	261	238	14	5	3	2
14	19.00-19.59	245	223	13	4	3	2
15	20.00-20.59	221	201	12	4	2	1
16	21.00-21.59	178	162	10	3	2	1
17	22.00-22.59	155	141	9	3	2	1
18	23.00-23.59	62	56	3	1	1	0
19	00.00-00.59	24	22	1	0	0	0
20	01.00-01.59	8	7	0	0	0	0
21	02.00-02.59	28	25	2	0	0	0
22	03.00-03.59	94	86	5	2	1	1
23	04.00-04.59	143	130	8	3	2	1
24	05.00-05.59	162	147	9	3	2	1

LAMPIRAN 3

Faktor Koreksi Emisi Gas Buang Berdasarkan Kecepatan Kendaraan

Nama Ruas	Asal Kendaraan	Tujuan Kendaraan	Perode Waktu Puncak	kecepatan kendaraan			faktor koreksi		
				LV	HV	MC	LV	HV	MC
Jl. Raya Wonokromo	Wonkromo (S)	Darmo (U)	Puncak Pagi	49.87	42.51	39.24	1.10	1.21	1.26
	Darmo (U)	Wonkromo (S)		43.41	37.00	34.15	1.20	1.30	1.34
Jl. Raya Wonokromo	Wonkromo (S)	Darmo (U)	Puncak Siang	32.43	27.65	25.52	1.36	1.48	1.56
	Darmo (U)	Wonkromo (S)		32.43	27.65	25.52	1.36	1.48	1.56
Jl. Raya Wonokromo	Wonkromo (S)	Darmo (U)	Puncak Sore	34.50	29.41	17.15	1.33	1.42	1.85
	Darmo (U)	Wonkromo (S)		28.70	32.99	30.45	1.45	1.36	1.39
Jl. Mayjen Sungkono	Mayjend (B)	Diponegoro (T)	Puncak Pagi	45.95	38.30	36.16	1.16	1.28	1.31
	Diponegoro (T)	Mayjend (B)		44.93	39.17	35.36	1.18	1.26	1.32
Jl. Mayjen Sungkono	Mayjend (B)	Diponegoro (T)	Puncak Siang	45.57	44.84	41.39	1.17	1.18	1.23
	Diponegoro (T)	Mayjend (B)		52.60	38.35	35.86	1.07	1.27	1.31
Jl. Mayjen Sungkono	Mayjend (B)	Diponegoro (T)	Puncak Sore	54.10	46.12	42.57	1.06	1.16	1.21
	Diponegoro (T)	Mayjend (B)		45.24	38.56	35.59	1.17	1.27	1.32
Jl. Ahmad Yani	(2 arah)	(2 arah)	Puncak pagi	31.83	31.00	25.80	1.37	1.39	1.55
Jl. Ahmad Yani	(2 arah)	(2 arah)	Puncak siang	27.11	27.10	27.20	1.50	1.50	1.50
Jl. Ahmad Yani	(2 arah)	(2 arah)	Puncak sore	29.10	29.10	26.80	1.43	1.43	1.51
Jl. Mastrip	(2 arah)	(2 arah)	Puncak pagi	38.83	33.00	31.80	1.27	1.36	1.37
Jl. Mastrip	(2 arah)	(2 arah)	Puncak siang	39.11	34.10	32.20	1.26	1.34	1.37
Jl. Mastrip	(2 arah)	(2 arah)	Puncak sore	41.10	35.90	32.80	1.23	1.31	1.36
Jl. Kedungdoro	Kedungdoro	Blauran	Puncak Pagi	58.72	49.21	45.42	1.02	1.11	1.17
	Blauran	Kedungdoro		50.10	42.70	39.42	1.10	1.21	1.26
Jl. Kedungdoro	Kedungdoro	Blauran	Puncak Siang	57.53	49.04	45.27	1.02	1.11	1.17
	Blauran	Kedungdoro		53.24	45.39	41.89	1.07	1.17	1.22
Jl. Kedungdoro	Kedungdoro	Blauran	Puncak Sore	49.06	45.60	42.10	1.11	1.17	1.22
	Blauran	Kedungdoro		53.50	41.82	38.60	1.07	1.22	1.27

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN 4

Hasil Perhitungan Beban Emisi

Waktu (int 30 menit)	Jl Ahmad Yani	Jl Wonokromo	Jl Mastrip	Jl Mayjen Sungkono	Jl Jemursari	Jl Jemur Andayani	Jl Kedungdoro	Jl Tol Waru-Juanda	Jl Tol Surabaya-Gempol
00.00-00.30	0.0208	0.0056	0.0134	0.0192	0.0223	0.0057	0.0062	0.1306	0.2590
00.30-01.00	0.0125	0.0033	0.0080	0.0115	0.0134	0.0034	0.0037	0.1306	0.2590
01.00-01.30	0.0083	0.0022	0.0054	0.0077	0.0089	0.0023	0.0025	0.0670	0.2305
01.30-02.00	0.0208	0.0056	0.0134	0.0192	0.0223	0.0057	0.0062	0.0670	0.2305
02.00-02.30	0.0500	0.0134	0.0321	0.0461	0.0536	0.0137	0.0148	0.0468	0.2230
02.30-03.00	0.0785	0.0210	0.0504	0.0724	0.0841	0.0216	0.0233	0.0468	0.2230
03.00-03.30	0.1133	0.0303	0.0728	0.1045	0.1215	0.0312	0.0336	0.0797	0.2747
03.30-04.00	0.1842	0.0493	0.1183	0.1698	0.1974	0.0506	0.0546	0.0797	0.2747
04.00-04.30	0.2167	0.0580	0.1392	0.1998	0.2322	0.0596	0.0642	0.1945	0.4595
04.30-05.00	0.2500	0.0669	0.1606	0.2305	0.2680	0.0687	0.0741	0.1945	0.4595
05.00-05.30	0.8427	0.0671	0.2736	0.2394	0.4043	0.0996	0.2928	0.2757	0.6513
05.30-06.00	0.9292	0.0865	0.2790	0.2501	0.4813	0.1177	0.2993	0.2757	0.6513
06.00-06.30	1.0468	0.1121	0.4886	0.3130	0.3311	0.0840	0.3876	0.5120	0.9620
06.30-07.00	1.1088	0.1181	0.4031	0.3686	0.4036	0.0975	0.4231	0.5120	0.9620
07.00-07.30	1.0300	0.0921	0.4290	0.4600	0.3622	0.0878	0.4063	0.7740	1.1183
07.30-08.00	0.9115	0.0883	0.4248	0.5010	0.3802	0.1131	0.3880	0.7740	1.1183
08.00-08.30	0.5922	0.0932	0.4344	0.5132	0.4055	0.0897	0.4810	0.7840	1.1828
08.30-09.00	0.8727	0.0873	0.3765	0.5256	0.3631	0.0796	0.4107	0.7840	1.1828
09.00-09.30	0.9467	0.1007	0.5892	0.4759	0.3143	0.0796	0.1904	0.5551	1.3948
09.30-10.00	0.8475	0.1007	0.4564	0.4565	0.2346	0.0615	0.1867	0.5551	1.3948
10.00-10.30	0.8740	0.0842	0.6412	0.4173	0.3460	0.0858	0.2271	0.7787	1.4744
10.30-11.00	0.7888	0.0648	0.4874	0.3757	0.4772	0.1155	0.2303	0.7787	1.4744
11.00-11.30	1.2650	0.0777	0.5393	0.3887	0.5931	0.1439	0.3154	0.7829	1.4752
11.30-12.00	1.1419	0.0902	0.5157	0.3569	0.5457	0.1406	0.2989	0.7829	1.4752
12.00-12.30	0.9423	0.0815	0.4858	0.3024	0.5664	0.1493	0.2856	0.6778	1.4083
12.30-13.00	1.0000	0.0943	0.4005	0.3021	0.5196	0.1320	0.2332	0.6778	1.4083

Waktu (int 30 menit)	Jl Ahmad Yani	Jl Wonokromo	Jl Mastrip	Jl Mayjen Sungkono	Jl Jemursari	Jl Jemur Andayani	Jl Kedungdoro	Jl Tol Waru-Juanda	Jl Tol Surabaya-Gempol
13.00-13.30	0.8145	0.1101	0.3650	0.5184	0.5108	0.1428	0.3233	0.8105	1.4803
13.30-14.00	0.7612	0.0952	0.4876	0.5333	0.4914	0.1427	0.3064	0.8105	1.4803
14.00-14.30	0.9825	0.1993	0.5362	0.4985	0.4584	0.1114	0.2909	0.8028	1.6322
14.30-15.00	1.2266	0.1875	0.5498	0.5254	0.5540	0.1347	0.3183	0.8028	1.6322
15.00-15.30	1.0440	0.1931	0.5070	0.6445	0.4621	0.1137	0.3631	0.9022	1.7145
15.30-16.00	1.0228	0.1934	0.4125	0.6307	0.4289	0.1054	0.3364	0.9022	1.7145
16.00-16.30	1.0788	0.1962	0.3542	0.6267	0.4137	0.0803	0.3669	0.9765	1.7738
16.30-17.00	1.0513	0.2187	0.2949	0.6211	0.4317	0.0970	0.3616	0.9765	1.7738
17.00-17.30	0.8386	0.1834	0.3155	0.5748	0.3819	0.1044	0.2611	0.9628	1.8000
17.30-18.00	0.8096	0.2039	0.3176	0.5173	0.3574	0.0938	0.2170	0.9628	1.8000
18.00-18.30	0.7608	0.1932	0.3317	0.4889	0.3781	0.1055	0.2028	0.9619	1.2261
18.30-19.00	0.6774	0.1753	0.2786	0.4567	0.3807	0.1001	0.1600	0.9619	1.2261
19.00-19.30	0.5139	0.1395	0.2625	0.4180	0.3877	0.0981	0.1485	0.8872	0.9133
19.30-20.00	0.4785	0.1417	0.1760	0.3905	0.3265	0.0845	0.1183	0.8872	0.9133
20.00-20.30	0.3812	0.1114	0.2066	0.3504	0.4657	0.1165	0.0937	0.8317	0.8320
20.30-21.00	0.3156	0.0844	0.2028	0.2910	0.3383	0.0868	0.0935	0.8317	0.8320
21.00-21.30	0.2146	0.0574	0.1379	0.1979	0.2300	0.0590	0.0636	0.7361	0.6540
21.30-22.00	0.0954	0.0255	0.0613	0.0879	0.1022	0.0262	0.083	0.7361	0.6540
22.00-22.30	0.0333	0.0089	0.0214	0.0307	0.0357	0.0092	0.0099	0.5023	0.5143
22.30-23.00	0.0250	0.0067	0.0161	0.0231	0.0268	0.0069	0.0074	0.5023	0.5143
23.00-23.30	0.0133	0.0036	0.0086	0.0123	0.0143	0.0037	0.0040	0.2469	0.3456
23.30-24.00	0.0050	0.0013	0.0032	0.0046	0.0054	0.0014	0.0015	0.2469	0.3456
Rata-rata harian (g/s)	0.6092	0.0922	0.2851	0.3244	0.3111	0.0784	0.1962	0.5950	1.0000

LAMPIRAN 5

Script MATLAB Pemodelan Dispersi tanggal 5 – 11 April 2017

L6.1 PSLS_Loop2_promosi.m (line source dengan fungsi loop)

```
%% Insert Peta Administratif
img = imread('AdminSby1.jpg');
min_x = xlsread('UPDM_V11','Phys_Data','C31');
max_x = xlsread('UPDM_V11','Phys_Data','C32');
min_y = xlsread('UPDM_V11','Phys_Data','C33');
max_y = xlsread('UPDM_V11','Phys_Data','C34');
imagesc([min_x max_x], [min_y max_y],
flipud(img));
set(gca,'ydir','normal');
hold on; sc = 110447;
%skala rata-rata m/degree
%% Konstanta Difusivitas
Dify = 200; Difz = 400;

% difusivitas horizontal dan vertical (m2/s)
Dy = Dify; Dz = Difz;           % difusifitas dalam m

%% Resolusi (GRID)
[x,y] = meshgrid
(linspace(min_x,max_x,grid),linspace(min_y,max_y
,grid));
cP = zeros(size(x));
e = ones(size(x));
aa = (90-a)*pi/180;             % a = arah angin ke
... dengan acuan utara (N = 0) searah jarum jam

%% 2. Lines Sources
%% 2.1. Data beban emisi (g/s)
QJ =
Factor*xlsread('UPDM_V11','LineS','K4:K105');
%input beban (g/s)

%% 2.2. LS_Data teknis sumber rata-rata
HE = xlsread('UPDM_V11','Phys_Data','D39');
% input tinggi sumber (m)
```

```

Hs = HE;
% tinggi dalam deg
receptor = xlsread('UPDM_V11','Phys_Data','D40');
%tinggi reseptor (m)
v = s; % kec angin m/det
z = receptor; % tinggi reseptor m
%posisi jalan
x1 = xlsread('UPDM_V11','LineS','E4:E105'); %
input koordinat x awal jalan
x2 = xlsread('UPDM_V11','LineS','F4:F105'); %
input koordinat x akhir jalan
y1 = xlsread('UPDM_V11','LineS','C4:C105'); %
input koordinat y awal jalan
y2 = xlsread('UPDM_V11','LineS','D4:D105'); %
input koordinat y akhir jalan
%Efektif plume dalam deg
cLS = zeros(size(x));
dz = Dz/100;
ma = tan((90-a)*pi/180); % gradient
arah angin terhadap reference (east)
%% 2.3. Perhitungan konsentrasi Dispersi
for j=1:length(QJ)
    str = num2str(j);
    plot([x1(j) x2(j)], [y1(j)
y2(j)], 'LineStyle', '-', 'LineWidth', 1, 'color'...
, 'm'); text((x1(j)+x2(j))/2, (y1(j)+y2(j))/2, str,
'color', 'r');
    m = (y2(j) - y1(j))/(x2(j) - x1(j)) ;
    k = y1(j) - m*x1(j);
    A = atan(m)*180/pi;
    B = (a-90) + A;
    d = ((-
y+m*x+k)/(1+m^2)^0.5)/(sin(B.*pi/180))*sc;
    xe = (ma*x - m*x2(j) - y + y2(j))./(ma-m);
    ye = m*(xe-x2(j))+y2(j);
    Le = abs(y2(j) - y1(j));
    EF = 0.5*Le - abs(ye - 0.5*(y2(j)+y1(j)));
    E= (EF>=0).*EF; COR=E./E;
    COR(isnan(COR))=0;

```

```

        %if d==0
            %cJ =
1000000*(QJ(j)*e./(sqrt(2*pi)*dz)).*sc^(-3);
        %else
            cJ = ((39.2-
3.25*v).*(v^2)./((d>0).*d)).*(1000000*QJ(j)*e./ (
sqrt(2*pi)*(d>0).*d.*dz)).*...
            (exp(-v*(z-Hs)*(z-
Hs)*e./(4*dz*(d>0).*d))+exp(-
v*(z+Hs)*(z+Hs)*e./...
            (4*dz*(d>0).*d))).*exp(-
lambda*(d>0).*d./v);
        % end
        cJ(isinf(cJ))=0; cJ(isnan(cJ))=0; cLS1 =
cJ.*COR;
        cLS = cLS + cLS1;
    end

%% ISPU Location
xI7 = 112.7134977; yI7 = -7.3280985;
I7=c(round(grid*(yI7-min_y)/(max_y -
min_y),0),round(grid*(xI7-min_x)/(max_x -
min_x),0)); D7 = Dt7;
%% Plot Pola Dispersi
conts=10:10:150;
ch =contour(x,y,c,conts,'Fill','on');
clabel(ch,[]);
map = [0,0,0
0.122,0,0
0.25,0,0
0.375,0,0
0.5,0,0
0.625,0,0
0.75,0,0
0.875,0,0
1,0,0
1,0.125,0.125
1,0.25,0.25
1,0.375,0.375
1,0.5,0.5

```

```

        1,0.625,0.625
        1,0.75,0.75];
colormap(flipud(map)); c = colorbar;
c.Label.String = 'Konsentrasi Ambien
(\mug/m^3)';
%% Insert Peta Administratif

img = imread('AdminSbyl.jpg');

imagesc([min_x max_x], [min_y max_y],
flipud(img));
set(gca,'ydir','normal');
hold on; alpha(0.4)
%% Plot Angin vektor
[x,y] = meshgrid
(linspace(min_x,max_x,10),linspace(min_y,max_y,1
0));
vel = v*0.00000907;
u = vel*cos((90-a)*pi/180)*ones(size(x));
w = vel*sin((90-a)*pi/180)*ones(size(y));
wind_speed = sqrt(u.^2 + w.^2 );
quiver(x,y,u,w,0.1,'b');
axis([min_x max_x min_y max_y]);
%% title and SUF Plot
title(['Grid = ',num2str(grid),'; Date ',t, '
WIB; wind velocity ', num2str(s), ' (m/s), ', '
direction to ', num2str(a), ' (degree from
north), and kinetic constant (\lambda) = ',
num2str(lambda),' (\mug/s)'];...
['Concentration (Modeled--Measured)
\mug/m^3: SUF7 (',num2str(I7),'--
',num2str(D7),'')']);
plot(xI7,yI7,'dk');text(xI7, yI7,'
SUF7','color','b')
clc

```


L6.2 tf_PSL_S_Loop2_promosi.m (timeseries function line source dengan fungsi loop)

```
clear;
grid = 300;           % resolusi perhitungan
(membagi area perhitungan menjadi n x n grid),
18562 s
SUF7 =
xlsread('UPDM_V11.xlsx','AQ_Data','B4:B339');
arah=xlsread('UPDM_V11.xlsx','Phys_Data','AD4:AD
339'); speed =
xlsread('UPDM_V11.xlsx','Phys_Data','AC4:AC339')
;
fc =
xlsread('UPDM_V11.xlsx','Phys_Data','AI4:AI339')
; lbd =
0.000002*xlsread('UPDM_V11.xlsx','Phys_Data','AJ
4:AJ339');
DateNumber = 736790; formatOut = 'mmm.dd,yyyy
HH:MM'; time = datestr(DateNumber,formatOut);%
05 Apr 2017 = 736790, 06 Apr 2017 = 736791, 07
Apr 2017 = 736792, 08 Apr 2017 = 736793, 09
Apr 2017 = 736794, 10 Apr 2017 = 736795, 11
Apr 2017 = 736796
%% dispersi

for n=1:length(arah);
    Dt7 = SUF7(n);
    Factor = fc(n); lambda = lbd(n);
    a=arah(n); s=speed(n); t =
datestr(DateNumber+(n)*0.02083333333334,formatOut
);cla;
    PSL_S_Loop2_promosi;
    drawnow
    MOD = [I7];
    my_cell = sprintf('B%s',num2str(n+3));

A=xlswrite('UPDM_V11.xlsx',MOD,'Result_Model',my
_cell);
end
```

```

%% Analysis

MOD7=xlsread('UPDM_V11','Result_Model','B4:B339')
;

t = 1:336;      % range max - range min + 1

ts7 = timeseries(SUF7,0.5+0.5*t);ts7l =
timeseries(MOD7,0.5+0.5*t);

ts7.TimeInfo.Units = 'hours';ts7l.TimeInfo.Units
= 'hours';

ts7.TimeInfo.StartDate = '05 Apr 2017
00:30';ts7l.TimeInfo.StartDate = '05 Apr 2017
00:30';      % Set start date.

% sesuaikan dengan DateNumber

ts7.TimeInfo.Format = 'MMM d
HH:mm';ts7l.TimeInfo.Format = 'MMM d HH:mm';
% Set format for display on x-axis.

ts7.Time = ts7.Time - ts7.Time(1);ts7l.Time =
ts7l.Time - ts7l.Time(1);      % Express time
relative to the start date.

figure('Name','Simulation Plot SUF7-MOD
','NumberTitle','off')
subplot(2,2,[1,2])
plot(ts7,'-k'); hold on
plot(ts7l,'--b'); grid; title('SUF-7, Data and
Model Ploted');
legend('data','model','Location','northeast','Or
ientation','horizontal');
ylabel('[SO2]-ambient (\mug/m^3)'); hold off
subplot(2,2,3)
p = polyfit(SUF7,MOD7,1); a = p(1); b = p(2);
yMOD = a*SUF7+b; plot(SUF7,MOD7,'.k',SUF7,yMOD);

```

```

grid; legend('SUF-MOD','L-
Regression','Location','southeast');
rmse = rms(MOD7 - SUF7); R =
corrcoef(SUF7,MOD7);
ylabel('model');
xlabel('data');title({'Correlations SUF7-
MODEL';['RMSE = ',num2str(rmse),'; R =
',num2str(R(1,2)), ' (MOD = ',num2str(p(1)), ' x
SUF7 + ',num2str(p(2)),')' ]});

figure('Name','Simulation All Plot Models
','NumberTitle','off')
subplot(2,1,1)
plot(ts71,'-y'); hold on
title('SUF A, Model Ploted'); legend('Model in
SUF7','Location','southoutside','Orientation','h
horizontal');
ylabel('[SO2]-ambient (\mug/m^3)');
SUF = [SUF7]; MOD = [MOD7];
subplot(2,1,2)
p = polyfit(SUF,MOD,1); a = p(1); b = p(2); yMOD
= a*SUF+b; plot(SUF,MOD,'.k',SUF,yMOD); grid;
legend('SUF-MOD','L-
Regression','Location','southeast');
rmse = rms(MOD - SUF); R = corrcoef(SUF,MOD);
ylabel('model');
xlabel('data');title({'Correlations All SUF-
MODEL';['RMSE Total = ',num2str(rmse),'; R =
',num2str(R(1,2)), ' (MOD = ',num2str(p(1)), ' x
SUF + ',num2str(p(2)),')' ]});
clear
clc

```

*Script MATLAB Pemodelan Dispersi tanggal 11 – 17 Oktober
2017*

L6.3 PSLS_Loop2_promosi.m (line source dengan fungsi loop)

```
%% Insert Peta Administratif
img = imread('AdminSby1.jpg');
min_x = xlsread('UPDM_V11','Phys_Data','C31');
max_x = xlsread('UPDM_V11','Phys_Data','C32');
min_y = xlsread('UPDM_V11','Phys_Data','C33');
max_y = xlsread('UPDM_V11','Phys_Data','C34');
imagesc([min_x max_x], [min_y max_y],
flipud(img));
set(gca,'ydir','normal');
hold on; sc = 110447;
%skala rata-rata m/degree
%% Konstanta Difusivitas
Dify = 200; Difz = 400;

% difusivitas horizontal dan vertical (m2/s)
Dy = Dify; Dz = Difz; % difusifitas
dalam m

%% Resolusi (GRID)
[x,y] = meshgrid
(linspace(min_x,max_x,grid),linspace(min_y,max_y
,grid));
cP = zeros(size(x));
e = ones(size(x));
aa = (90-a)*pi/180; % a = arah angin ke
... dengan acuan utara (N = 0) searah jarum jam

%% 2. Lines Sources
%% 2.1. Data beban emisi (g/s)
QJ =
Factor*xlsread('UPDM_V11','LineS','K4:K105');
%input beban (g/s)

%% 2.2. LS_Data teknis sumber rata-rata
HE = xlsread('UPDM_V11','Phys_Data','D39');
% input tinggi sumber (m)
```

```

Hs = HE;
% tinggi dalam deg
receptor =
xlsread('UPDM_V11','Phys_Data','D40');
%tinggi reseptor (m)
v = s; %
kec angin m/det
z = receptor; %
tinggi reseptor m
%posisi jalan
x1 = xlsread('UPDM_V11','LineS','E4:E105'); %
input koordinat x awal jalan
x2 = xlsread('UPDM_V11','LineS','F4:F105'); %
input koordinat x akhir jalan
y1 = xlsread('UPDM_V11','LineS','C4:C105'); %
input koordinat y awal jalan
y2 = xlsread('UPDM_V11','LineS','D4:D105'); %
input koordinat y awal jalan
%Efektif plume dalam deg
cLS = zeros(size(x));
dz = Dz/100;
ma = tan((90-a)*pi/180); % gradient
arah angin terhadap reference (east)
%% 2.3. Perhitungan konsentrasi Dispersi
for j=1:length(QJ)
    str = num2str(j);
    plot([x1(j) x2(j)], [y1(j)
y2(j)], 'LineStyle', '-', 'LineWidth', 1, 'color'...
, 'm'); text((x1(j)+x2(j))/2, (y1(j)+y2(j))/2, str,
'color', 'r');
    m = (y2(j) - y1(j))/(x2(j) - x1(j)) ;
    k = y1(j) - m*x1(j);
    A = atan(m)*180/pi;
    B = (a-90) + A;
    d = ((-
y+m*x+k)/(1+m^2)^0.5)/(sin(B.*pi/180))*sc;
    xe = (ma*x - m*x2(j) - y + y2(j))./(ma-m);
    ye = m*(xe-x2(j))+y2(j);
    Le = abs(y2(j) - y1(j));

```

```

EF = 0.5*Le - abs(ye - 0.5*(y2(j)+y1(j)));
E= (EF>=0).*EF; COR=E./E;
COR(isnan(COR))=0;
%if d==0
    %cJ =
1000000*(QJ(j)*e./(sqrt(2*pi)*dz)).*sc^(-3);
%else
cJ = ((39.2-
3.25*v).*(v^2)./((d>0).*d)).*(1000000*QJ(j)*e./ (
sqrt(2*pi)*(d>0).*d.*dz)).*...
    (exp(-v*(z-Hs)*(z-
Hs)*e./(4*dz*(d>0).*d))+exp(-
v*(z+Hs)*(z+Hs)*e./...
    (4*dz*(d>0).*d))).*exp(-
lambda*(d>0).*d./v);
% end
    cJ(isinf(cJ))=0; cJ(isnan(cJ))=0; cLS1 =
cJ.*COR;
    cLS = cLS + cLS1;
end

c=cP+cLS;
%% ISPU Location
xI7 = 112.7134977; yI7 = -7.3280985;
I7=c(round(grid*(yI7-min_y)/(max_y -
min_y),0),round(grid*(xI7-min_x)/(max_x -
min_x),0)); D7 = Dt7;
%% Plot Pola Dispersi
conts=10:10:150;
ch =contour(x,y,c,conts,'Fill','on');
clabel(ch,[]);
map = [0,0,0
    0.122,0,0
    0.25,0,0
    0.375,0,0
    0.5,0,0
    0.625,0,0
    0.75,0,0
    0.875,0,0
    1,0,0

```

```

1,0.125,0.125
1,0.25,0.25
1,0.375,0.375
1,0.5,0.5
1,0.625,0.625
1,0.75,0.75];
colormap(flipud(map)); c = colorbar;
c.Label.String = 'Konsentrasi Ambien
(\mu g/m^3)';
%% Insert Peta Administratif

img = imread('AdminSbyl.jpg');

imagesc([min_x max_x], [min_y max_y],
flipud(img));
set(gca,'ydir','normal');
hold on; alpha(0.4)
%% Plot Angin vektor
[x,y] = meshgrid
(linspace(min_x,max_x,10),linspace(min_y,max_y,1
0));
vel = v*0.00000907;
u = vel*cos((90-a)*pi/180)*ones(size(x));
w = vel*sin((90-a)*pi/180)*ones(size(y));
wind_speed = sqrt(u.^2 + w.^2 );
quiver(x,y,u,w,0.1,'b');
axis([min_x max_x min_y max_y]);
%% title and SUF Plot
title({'Grid = ',num2str(grid),'; Date ',t, '
WIB; wind velocity ', num2str(s), ' (m/s), ', '
direction to ', num2str(a), ' (degree from
north), and kinetic constant (\lambda) = ',
num2str(lambda), ' (\mu g/s)'});...
['Concentration (Modeled--Measured)
\mu g/m^3: SUF7 (' ,num2str(I7),'--
',num2str(D7),') ']);
plot(xI7,yI7,'dk');text(xI7,
yI7,'SUF7','color','b')

```

L6.4 tf_PSLs_Loop2_promosi.m (timeseries function line source dengan fungsi loop)

```
clear;
grid = 300;           % resolusi perhitungan
(membagi area perhitungan menjadi n x n grid),
18562 s
SUF7 =
xlsread('UPDM_V11.xlsx','AQ_Data','B341:B676');
arah=xlsread('UPDM_V11.xlsx','Phys_Data','AD341:
AD676'); speed =
xlsread('UPDM_V11.xlsx','Phys_Data','AC341:AC676
');
fc =
xlsread('UPDM_V11.xlsx','Phys_Data','AI341:AI676
'); lbd =
0.000002*xlsread('UPDM_V11.xlsx','Phys_Data','AJ
341:AJ676');
DateNumber = 736979; formatOut = 'mmm.dd,yyyy
HH:MM'; time = datestr(DateNumber,formatOut);%
11 Oct 2017 = 736979, 12 Oct 2017 = 736980, 13
Oct 2017 = 736981, 14 Oct 2017 = 736982, 15 Oct
2017 = 736983, 16 Oct 2017 = 736984, 17 Oct 2017
= 736985
%% dispersi

for n=1:length(arah);
    Dt7 = SUF7(n);
    Factor = fc(n); lambda = lbd(n);
    a=arah(n); s=speed(n); t =
datestr(DateNumber+(n)*0.020833333333334,formatOut
);cla;
    PSLs_Loop2_promosi;
    drawnow
    MOD = [I7];
    my_cell = sprintf('B%s',num2str(n+340));

A=xlswrite('UPDM_V11.xlsx',MOD,'Result_Model',my
_cell);
end
```



```

%% Analysis

MOD7=xlsread('UPDM_V11','Result_Model','B341:B676');

t = 1:336;      % range max - range min + 1

ts7 = timeseries(SUF7,0.5+0.5*t);ts71 =
timeseries(MOD7,0.5+0.5*t);

ts7.TimeInfo.Units = 'hours';ts71.TimeInfo.Units
= 'hours';

ts7.TimeInfo.StartDate = '11 Oct 2017
00:30';ts71.TimeInfo.StartDate = '11 Oct 2017
00:30';      % Set start date.

% sesuaikan dengan DateNumber

ts7.TimeInfo.Format = 'MMM d
HH:mm';ts71.TimeInfo.Format = 'MMM d HH:mm';
% Set format for display on x-axis.

ts7.Time = ts7.Time - ts7.Time(1);ts71.Time =
ts71.Time - ts71.Time(1);      % Express time
relative to the start date.

figure('Name','Simulation Plot SUF7-MOD
','NumberTitle','off')
subplot(2,2,[1,2])
plot(ts7,'-k'); hold on
plot(ts71,'--b'); grid; title('SUF-7, Data and
Model Ploted');
legend('data','model','Location','northeast','Ori-
entation','horizontal');
ylabel('[SO2]-ambient (\mug/m^3)'); hold off
subplot(2,2,3)
p = polyfit(SUF7,MOD7,1); a = p(1); b = p(2);
yMOD = a*SUF7+b; plot(SUF7,MOD7,'.k',SUF7,yMOD);

```

```

grid; legend('SUF-MOD','L-
Regression','Location','southeast');
rmse = rms(MOD7 - SUF7); R =
corrcoef(SUF7,MOD7);
ylabel('model');
xlabel('data');title({'Correlations SUF7-
MODEL';['RMSE = ',num2str(rmse),''; R =
',num2str(R(1,2)),' (MOD = ',num2str(p(1)),' x
SUF7 + ',num2str(p(2)),'')']});

figure('Name','Simulation All Plot Models
','NumberTitle','off')
subplot(2,1,1)
plot(ts71,'-y'); hold on
title('SUF A, Model Ploted'); legend('Model in
SUF7','Location','southoutside','Orientation','h
horizontal');
ylabel('[SO2]-ambient (\mug/m^3)');
SUF = [SUF7]; MOD = [MOD7];
subplot(2,1,2)
p = polyfit(SUF,MOD,1); a = p(1); b = p(2); yMOD
= a*SUF+b; plot(SUF,MOD,'.k',SUF,yMOD); grid;
legend('SUF-MOD','L-
Regression','Location','southeast');
rmse = rms(MOD - SUF); R = corrcoef(SUF,MOD);
ylabel('model');
xlabel('data');title({'Correlations All SUF-
MODEL';['RMSE Total = ',num2str(rmse),''; R =
',num2str(R(1,2)),' (MOD = ',num2str(p(1)),' x
SUF + ',num2str(p(2)),'')']});
clear
clc;

```

LAMPIRAN 6

Input Model pada Office Excel

L7.1 Form Phys_Data

Form berisi inputan data fisika atmosfer, pengukuran model, jumlah grid, penentuan area yang dimodelkan, arah angin, kecepatan angin, GRAD dan faktor harian pola beban emisi transportasi Kota Surabaya

Input the physical data of Atmosphere

No	Paramater	Symbols	Value	Unit
1	Dispersion Coeffisien in horizontal direction	Dy	200	m ² /s
2	Dispersion Coeffisien in vertical (z) direction	Dz	400	m ² /s
3	Ambient Temperature	T ₀	30	C
4	Wind speed (average, dominant)	s	"_"	m/s
5	Wind direction (average, dominant)	a	"_"	° (N)
6	Parameter Analysis	SO ₂	Oxides Sulphur	
7	Kinetic Constant	λ	"_"	

Model Setting				
1	Starting Date, time	4/5/2017 0:30		
2	Interval of Analysis	0.5		hour
3	Grid Number	300		n x n
4	Average length per grid (l, w), modelled	93.3333	60	m

Determine of Modelling Area			
1	Lowest Lattitude; min_x	112.657	° (E)
2	Highest Lattitude; max_x	112.759	° (E)
3	Lowest Longitude; min_y	-7.357	° (S)
4	Highest Longitude; max_y	-7.251	° (S)

Determine of Modelling Area		
5	Citie's Identity	Surabaya
6	Insert Administrative Map	

Date, time	Speed (m/s)
	SUF7
4/5/2017 0:30	0.81
4/5/2017 1:00	0.99
4/5/2017 1:30	1.13
4/5/2017 2:00	1.20
4/5/2017 2:30	1.00
4/5/2017 3:00	0.82
4/5/2017 3:30	0.78
4/5/2017 4:00	0.86
4/5/2017 4:30	0.64

Date, time	Direction (°, N)
	SUF7
4/5/2017 0:30	289.22
4/5/2017 1:00	297.70
4/5/2017 1:30	300.90
4/5/2017 2:00	287.90
4/5/2017 2:30	277.03
4/5/2017 3:00	287.96
4/5/2017 3:30	313.43
4/5/2017 4:00	306.61
4/5/2017 4:30	288.02

Date, time	GRAD (watt/m ²)
	SUF7
4/5/2017 0:30	0.00
4/5/2017 1:00	0.00
4/5/2017 1:30	0.00
4/5/2017 2:00	0.00
4/5/2017 2:30	0.00
4/5/2017 3:00	0.00
4/5/2017 3:30	0.00
4/5/2017 4:00	0.00
4/5/2017 4:30	0.00

Daily Factor	Weekly Factor	Totally Factor	Kinetic Factor
Transportation			
0.095	1.2	0.114	0
0.078	1.2	0.094	0
0.055	1.2	0.066	0
0.080	1.2	0.096	0
0.134	1.2	0.161	0
0.191	1.2	0.229	0
0.273	1.2	0.328	0
0.416	1.2	0.499	0
0.523	1.2	0.628	0

L7.2 Form LineS

Form berisi inputan data sumber garis untuk pemodelan. Hal yang dimasukkan yaitu lokasi jalan (koordinat x dan y), tipe jalan, dan beban emisi.

Input the Line Sources technical data						
Street Identity	Street Coordinate of Straight Segment (min_x, min_y, max_x, max_y) E, S				category (street class)	normalized average load (g/s)
	y-in	y-fin	x-in	x-fin		
Jalan Majend Sungkono	-7.2925	-7.2918	112.7286	112.7184	Primary Artery	0.32
	-7.2918	-7.2904	112.7184	112.7134	Primary Artery	0.32
	-7.2904	-7.2882	112.7134	112.7071	Primary Artery	0.32
	-7.2882	-7.2860	112.7071	112.7051	Primary Artery	0.32
Jalan Tol Surabaya - Gempol	-7.2676	-7.2860	112.7092	112.7051	High Way (Tol)	1.00
	-7.2860	-7.2888	112.7051	112.7009	High Way (Tol)	1.00
	-7.2888	-7.2895	112.7009	112.7000	High Way (Tol)	1.00
	-7.2895	-7.2906	112.7000	112.6990	High Way (Tol)	1.00
	-7.2906	-7.2924	112.6990	112.6982	High Way (Tol)	1.00
	-7.2924	-7.2963	112.6982	112.6981	High Way (Tol)	1.00
	-7.2963	-7.3027	112.6981	112.6987	High Way (Tol)	1.00
	-7.3027	-7.3044	112.6987	112.6993	High Way (Tol)	1.00
	-7.3044	-7.3063	112.6993	112.7009	High Way (Tol)	1.00
	-7.3063	-7.3080	112.7009	112.7058	High Way (Tol)	1.00
	-7.3080	-7.3096	112.7058	112.7112	High Way (Tol)	1.00
	-7.3096	-7.3153	112.7112	112.7166	High Way (Tol)	1.00
	-7.3153	-7.3169	112.7166	112.7171	High Way (Tol)	1.00
	-7.3169	-7.3326	112.7171	112.7138	High Way (Tol)	1.00
	-7.3326	-7.3393	112.7138	112.7131	High Way (Tol)	1.00
	-7.3393	-7.3441	112.7131	112.7116	High Way (Tol)	1.00
Jalan Raya Mastrip	-7.3096	-7.3129	112.7112	112.7097	Primary Collector	0.29
	-7.3129	-7.3367	112.7097	112.7031	Primary Collector	0.29
	-7.3367	-7.3508	112.7031	112.6615	Primary Collector	0.29
Jalan Tol Waru - Juanda	-7.3441	-7.3449	112.7116	112.7145	High Way (Tol)	0.59
	-7.3449	-7.3460	112.7145	112.7169	High Way (Tol)	0.59
	-7.3460	-7.3462	112.7169	112.7175	High Way (Tol)	0.59
	-7.3462	-7.3464	112.7175	112.7188	High Way (Tol)	0.59
	-7.3464	-7.3463	112.7188	112.7204	High Way (Tol)	0.59
	-7.3463	-7.3461	112.7204	112.7214	High Way (Tol)	0.59
	-7.3461	-7.3466	112.7214	112.7237	High Way (Tol)	0.59

Input the Line Sources technical data						
Street Identity	Street Coordinate of Straight Segment (min_x, min_y, max_x, max_y) E, S				category (street class)	normalized average load (g/s)
	y-in	y-fin	x-in	x-fin		
	-7.3466	-7.3467	112.7237	112.7313	High Way (Tol)	0.59
	-7.3467	-7.3447	112.7313	112.7348	High Way (Tol)	0.59
	-7.3447	-7.3446	112.7348	112.7350	High Way (Tol)	0.59
	-7.3446	-7.3446	112.7350	112.7356	High Way (Tol)	0.59
	-7.3446	-7.3449	112.7356	112.7386	High Way (Tol)	0.59
	-7.3449	-7.3425	112.7386	112.7492	High Way (Tol)	0.59
	-7.3425	-7.3426	112.7492	112.7508	High Way (Tol)	0.59
	-7.3426	-7.3429	112.7508	112.7525	High Way (Tol)	0.59
Jalan Raya Ahmad Yani	-7.3466	-7.3454	112.7237	112.7288	Primary Artery	0.61
	-7.3454	-7.3372	112.7288	112.7291	Primary Artery	0.61
	-7.3372	-7.3271	112.7291	112.7317	Primary Artery	0.61
	-7.3271	-7.3061	112.7317	112.7362	Primary Artery	0.61
Jalan Raya Wonokromo	-7.3061	-7.3005	112.7362	112.7372	Primary Artery	0.09
	-7.3005	-7.2983	112.7372	112.7378	Primary Artery	0.09
Jalan Jemursari	-7.3271	-7.3273	112.7317	112.7345	Scndary Artery	0.31
	-7.3273	-7.3066	112.7345	112.7618	Scndary Artery	0.31
Jalan Jemur Andayani	-7.3273	-7.3293	112.7345	112.7446	Scndary Artery	0.31
Jalan Gunungsari	-7.3005	-7.3005	112.7372	112.7372	Primary Collector	0.15
	-7.3005	-7.2994	112.7372	112.7374	Primary Collector	0.15
	-7.2994	-7.2993	112.7374	112.7373	Primary Collector	0.15
	-7.2993	-7.2994	112.7373	112.7331	Primary Collector	0.15
	-7.2994	-7.3004	112.7331	112.7302	Primary Collector	0.15
	-7.3004	-7.3021	112.7302	112.7269	Primary Collector	0.15
	-7.3021	-7.3066	112.7269	112.7227	Primary Collector	0.15
	-7.3066	-7.3071	112.7227	112.7217	Primary Collector	0.15
	-7.3071	-7.3076	112.7217	112.7161	Primary Collector	0.15
	-7.3076	-7.3073	112.7161	112.7144	Primary Collector	0.15
	-7.3073	-7.3073	112.7144	112.7140	Primary Collector	0.15
	-7.3073	-7.3076	112.7140	112.7133	Primary Collector	0.15
	-7.3076	-7.3079	112.7133	112.7128	Primary Collector	0.15
	-7.3079	-7.3096	112.7128	112.7112	Primary Collector	0.15
Jalan Joyoboyo	-7.2983	-7.2987	112.7378	112.7330	Primary Collector	0.15
	-7.2987	-7.2990	112.7330	112.7319	Primary Collector	0.15
	-7.2990	-7.3002	112.7319	112.7302	Primary Collector	0.15
Jalan Jagir Wonokromo	-7.3005	-7.3007	112.7372	112.7373	Scndary Artery	0.27
	-7.3007	-7.3006	112.7373	112.7374	Scndary Artery	0.27
	-7.3006	-7.3005	112.7374	112.7383	Scndary Artery	0.27

Input the Line Sources technical data						
Street Identity	Street Coordinate of Straight Segment (min_x, min_y, max_x, max_y) E, S				category (street class)	normalized average load (g/s)
	y-in	y-fin	x-in	x-fin		
	-7.3005	-7.3007	112.7383	112.7398	Scndary Artery	0.27
	-7.3007	-7.3007	112.7398	112.7402	Scndary Artery	0.27
	-7.3007	-7.3008	112.7402	112.7404	Scndary Artery	0.27
	-7.3008	-7.3023	112.7404	112.7459	Scndary Artery	0.27
	-7.3023	-7.3065	112.7459	112.7617	Scndary Artery	0.27
Jalan Ngagel	-7.3007	-7.2996	112.7398	112.7401	Primary Artery	0.35
	-7.2996	-7.2980	112.7401	112.7417	Primary Artery	0.35
	-7.2980	-7.2917	112.7417	112.7429	Primary Artery	0.35
	-7.2917	-7.2890	112.7429	112.7447	Primary Artery	0.35
	-7.2890	-7.2847	112.7447	112.7474	Primary Artery	0.35
	-7.2847	-7.2831	112.7474	112.7473	Primary Artery	0.35
	-7.2831	-7.2815	112.7473	112.7467	Primary Artery	0.35
	-7.2815	-7.2782	112.7467	112.7451	Primary Artery	0.35
	-7.2782	-7.2768	112.7451	112.7453	Primary Artery	0.35
Jalan Raya Wiyung	-7.3129	-7.3128	112.7097	112.7090	Primary Collector	0.15
	-7.3128	-7.3139	112.7090	112.6930	Primary Collector	0.15
Jalan Raya Menganti	-7.3139	-7.3117	112.6930	112.6878	Primary Collector	0.15
	-7.3117	-7.3032	112.6878	112.6331	Primary Collector	0.15
	-7.3032	-7.2939	112.6331	112.5885	Primary Collector	0.15
	-7.2939	-7.2944	112.5885	112.5870	Primary Collector	0.15
Jalan HR Muhammad	-7.2860	-7.2832	112.7051	112.6883	Scndary Artery	0.27
	-7.2832	-7.2828	112.6883	112.6859	Scndary Artery	0.27
	-7.2828	-7.2814	112.6859	112.6847	Scndary Artery	0.27
Jalan Banyu Urip	-7.2748	-7.2704	112.7262	112.7210	Scndary Artery	0.27
	-7.2704	-7.2702	112.7210	112.7190	Scndary Artery	0.27
	-7.2702	-7.2701	112.7190	112.7166	Scndary Artery	0.27
	-7.2701	-7.2683	112.7166	112.7134	Scndary Artery	0.27
	-7.2683	-7.2676	112.7134	112.7092	Scndary Artery	0.35
Jalan Pasar Kembang dan Jalan Arjuna	-7.2748	-7.2689	112.7262	112.7288	Primary Artery	0.35
	-7.2689	-7.2639	112.7288	112.7265	Primary Artery	0.35
	-7.2639	-7.2561	112.7265	112.7275	Primary Artery	0.35
Jalan Kedungdoro	-7.2689	-7.2585	112.7288	112.7330	Scndary Artery	0.20

L7.3 AQ_Data (Hasil Monitoring Kualitas udara pada SUF 7)

SO2	Air Quality Data
Date, time	Ambient Concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	SUF7
4/5/2017 0:30	29.94
4/5/2017 1:00	33.93
4/5/2017 1:30	32.01
4/5/2017 2:00	29.08
4/5/2017 2:30	27.52
4/5/2017 3:00	31.15
4/5/2017 3:30	33.77
4/5/2017 4:00	32.68
4/5/2017 4:30	32.54

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN 7

Output Model pada Office Excel

L8.1 Result_Model (Hasil Pemodelan pada tanggal 5 – 11 April 2017)

Date, time	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Date, time	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Date, time	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
	SUF-7		SUF-7		SUF-7
4/5/2017 0:30	5.8619	4/7/2017 8:30	2.8698	4/9/2017 16:30	7.8787
4/5/2017 1:00	7.7824	4/7/2017 9:00	4.3138	4/9/2017 17:00	6.7200
4/5/2017 1:30	6.8786	4/7/2017 9:30	8.0281	4/9/2017 17:30	4.7174
4/5/2017 2:00	9.1580	4/7/2017 10:00	7.5873	4/9/2017 18:00	4.3233
4/5/2017 2:30	6.7717	4/7/2017 10:30	8.3618	4/9/2017 18:30	2.6078
4/5/2017 3:00	5.2693	4/7/2017 11:00	5.9100	4/9/2017 19:00	2.7029
4/5/2017 3:30	4.8655	4/7/2017 11:30	10.6192	4/9/2017 19:30	1.0464
4/5/2017 4:00	8.1080	4/7/2017 12:00	11.9062	4/9/2017 20:00	0.6123
4/5/2017 4:30	8.4931	4/7/2017 12:30	12.5418	4/9/2017 20:30	1.2124
4/5/2017 5:00	10.5304	4/7/2017 13:00	12.0615	4/9/2017 21:00	1.4163
4/5/2017 5:30	70.4731	4/7/2017 13:30	11.4028	4/9/2017 21:30	1.7048
4/5/2017 6:00	62.7344	4/7/2017 14:00	11.9100	4/9/2017 22:00	0.6665
4/5/2017 6:30	17.5259	4/7/2017 14:30	9.4765	4/9/2017 22:30	0.1971
4/5/2017 7:00	0.9890	4/7/2017 15:00	4.5884	4/9/2017 23:00	0.0499
4/5/2017 7:30	23.5053	4/7/2017 15:30	3.6900	4/9/2017 23:30	0.0000
4/5/2017 8:00	3.9615	4/7/2017 16:00	1.5055	4/10/2017 0:00	7.6825
4/5/2017 8:30	2.1506	4/7/2017 16:30	2.9194	4/10/2017 0:30	6.5579
4/5/2017 9:00	1.8367	4/7/2017 17:00	0.0000	4/10/2017 1:00	5.8592
4/5/2017 9:30	0.5105	4/7/2017 17:30	0.0000	4/10/2017 1:30	4.8061
4/5/2017 10:00	0.2767	4/7/2017 18:00	0.0000	4/10/2017 2:00	4.4976
4/5/2017 10:30	0.0000	4/7/2017 18:30	0.0000	4/10/2017 2:30	3.4319
4/5/2017 11:00	0.6791	4/7/2017 19:00	0.0000	4/10/2017 3:00	2.8311
4/5/2017 11:30	5.5598	4/7/2017 19:30	0.0000	4/10/2017 3:30	4.8649
4/5/2017 12:00	3.2771	4/7/2017 20:00	0.0000	4/10/2017 4:00	6.4692
4/5/2017 12:30	8.5345	4/7/2017 20:30	0.0000	4/10/2017 4:30	2.2627
4/5/2017 13:00	9.2982	4/7/2017 21:00	0.3066	4/10/2017 5:00	0.9475
4/5/2017 13:30	9.1337	4/7/2017 21:30	0.1019	4/10/2017 5:30	38.9169
4/5/2017 14:00	3.3843	4/7/2017 22:00	0.0000	4/10/2017 6:00	38.5561
4/5/2017 14:30	7.9491	4/7/2017 22:30	0.0624	4/10/2017 6:30	28.4245
4/5/2017 15:00	9.8336	4/7/2017 23:00	0.0474	4/10/2017 7:00	11.3960
4/5/2017 15:30	12.0830	4/7/2017 23:30	0.0496	4/10/2017 7:30	8.6497
4/5/2017 16:00	6.4762	4/8/2017 0:00	0.1166	4/10/2017 8:00	6.1444
4/5/2017 16:30	6.5727	4/8/2017 0:30	0.0193	4/10/2017 8:30	0.3349
4/5/2017 17:00	1.7679	4/8/2017 1:00	0.0555	4/10/2017 9:00	0.1845
4/5/2017 17:30	1.1528	4/8/2017 1:30	0.0068	4/10/2017 9:30	1.0065
4/5/2017 18:00	1.2440	4/8/2017 2:00	0.0072	4/10/2017 10:00	1.3862

Date, time	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Date, time	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Date, time	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
	SUF-7		SUF-7		SUF-7
4/5/2017 18:30	0.4895	4/8/2017 2:30	0.0064	4/10/2017 10:30	2.8031
4/5/2017 19:00	0.8277	4/8/2017 3:00	0.0078	4/10/2017 11:00	4.3588
4/5/2017 19:30	0.3821	4/8/2017 3:30	0.0281	4/10/2017 11:30	5.9739
4/5/2017 20:00	0.1546	4/8/2017 4:00	0.1067	4/10/2017 12:00	6.5349
4/5/2017 20:30	0.0000	4/8/2017 4:30	0.0184	4/10/2017 12:30	5.5150
4/5/2017 21:00	0.1933	4/8/2017 5:00	0.0483	4/10/2017 13:00	5.0348
4/5/2017 21:30	0.0498	4/8/2017 5:30	0.7474	4/10/2017 13:30	5.3827
4/5/2017 22:00	0.0175	4/8/2017 6:00	0.7216	4/10/2017 14:00	4.9487
4/5/2017 22:30	0.0018	4/8/2017 6:30	0.5577	4/10/2017 14:30	5.6251
4/5/2017 23:00	0.1896	4/8/2017 7:00	1.9456	4/10/2017 15:00	9.2865
4/5/2017 23:30	0.2004	4/8/2017 7:30	2.2639	4/10/2017 15:30	4.9765
4/6/2017 0:00	0.0866	4/8/2017 8:00	3.4009	4/10/2017 16:00	1.2542
4/6/2017 0:30	0.0553	4/8/2017 8:30	5.0497	4/10/2017 16:30	3.6794
4/6/2017 1:00	0.0006	4/8/2017 9:00	5.8176	4/10/2017 17:00	1.2555
4/6/2017 1:30	0.1336	4/8/2017 9:30	5.6111	4/10/2017 17:30	1.4732
4/6/2017 2:00	0.2745	4/8/2017 10:00	5.0869	4/10/2017 18:00	1.0210
4/6/2017 2:30	2.1087	4/8/2017 10:30	9.8020	4/10/2017 18:30	0.4889
4/6/2017 3:00	5.0184	4/8/2017 11:00	9.8032	4/10/2017 19:00	1.0249
4/6/2017 3:30	5.1692	4/8/2017 11:30	10.8539	4/10/2017 19:30	1.5278
4/6/2017 4:00	3.0621	4/8/2017 12:00	11.6874	4/10/2017 20:00	1.7911
4/6/2017 4:30	0.0160	4/8/2017 12:30	11.7100	4/10/2017 20:30	1.7371
4/6/2017 5:00	0.4744	4/8/2017 13:00	8.5866	4/10/2017 21:00	2.3445
4/6/2017 5:30	0.0000	4/8/2017 13:30	13.6721	4/10/2017 21:30	1.3555
4/6/2017 6:00	38.5020	4/8/2017 14:00	9.8489	4/10/2017 22:00	0.4639
4/6/2017 6:30	19.8860	4/8/2017 14:30	10.3660	4/10/2017 22:30	0.2571
4/6/2017 7:00	13.3504	4/8/2017 15:00	12.7772	4/10/2017 23:00	0.0153
4/6/2017 7:30	0.4152	4/8/2017 15:30	12.6202	4/10/2017 23:30	0.0000
4/6/2017 8:00	0.4382	4/8/2017 16:00	12.6538	4/11/2017 0:00	0.1086
4/6/2017 8:30	2.3657	4/8/2017 16:30	6.6721	4/11/2017 0:30	2.5166
4/6/2017 9:00	2.9311	4/8/2017 17:00	10.4629	4/11/2017 1:00	5.1020
4/6/2017 9:30	1.6194	4/8/2017 17:30	9.6114	4/11/2017 1:30	2.6368
4/6/2017 10:00	4.8404	4/8/2017 18:00	5.7018	4/11/2017 2:00	1.7871
4/6/2017 10:30	4.7521	4/8/2017 18:30	7.9555	4/11/2017 2:30	1.7301
4/6/2017 11:00	5.0595	4/8/2017 19:00	6.2557	4/11/2017 3:00	1.4745
4/6/2017 11:30	8.8610	4/8/2017 19:30	4.6896	4/11/2017 3:30	2.0767
4/6/2017 12:00	7.6634	4/8/2017 20:00	4.5073	4/11/2017 4:00	1.1199
4/6/2017 12:30	7.5189	4/8/2017 20:30	3.6865	4/11/2017 4:30	0.7242
4/6/2017 13:00	7.9958	4/8/2017 21:00	1.4900	4/11/2017 5:00	1.0219
4/6/2017 13:30	9.3988	4/8/2017 21:30	1.3855	4/11/2017 5:30	12.0655
4/6/2017 14:00	8.5406	4/8/2017 22:00	1.0421	4/11/2017 6:00	9.4109
4/6/2017 14:30	4.1334	4/8/2017 22:30	0.4995	4/11/2017 6:30	20.4233

Date, time	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Date, time	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Date, time	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
	SUF-7		SUF-7		SUF-7
4/6/2017 15:00	4.1387	4/8/2017 23:00	0.0492	4/11/2017 7:00	29.7471
4/6/2017 15:30	2.0676	4/8/2017 23:30	0.0225	4/11/2017 7:30	11.4356
4/6/2017 16:00	1.4644	4/9/2017 0:00	0.1153	4/11/2017 8:00	7.7748
4/6/2017 16:30	2.5424	4/9/2017 0:30	0.1678	4/11/2017 8:30	0.8338
4/6/2017 17:00	0.0000	4/9/2017 1:00	0.0252	4/11/2017 9:00	0.0000
4/6/2017 17:30	1.4003	4/9/2017 1:30	0.0349	4/11/2017 9:30	0.1666
4/6/2017 18:00	1.1179	4/9/2017 2:00	1.1580	4/11/2017 10:00	0.6505
4/6/2017 18:30	0.3836	4/9/2017 2:30	1.8137	4/11/2017 10:30	0.7572
4/6/2017 19:00	0.2194	4/9/2017 3:00	2.3100	4/11/2017 11:00	0.4722
4/6/2017 19:30	0.3048	4/9/2017 3:30	2.9444	4/11/2017 11:30	9.0026
4/6/2017 20:00	0.9735	4/9/2017 4:00	14.6984	4/11/2017 12:00	0.0000
4/6/2017 20:30	0.4698	4/9/2017 4:30	15.0161	4/11/2017 12:30	1.4693
4/6/2017 21:00	0.2889	4/9/2017 5:00	8.5721	4/11/2017 13:00	0.7785
4/6/2017 21:30	0.4412	4/9/2017 5:30	101.3130	4/11/2017 13:30	1.7851
4/6/2017 22:00	0.5854	4/9/2017 6:00	56.1769	4/11/2017 14:00	1.3448
4/6/2017 22:30	0.3153	4/9/2017 6:30	26.7823	4/11/2017 14:30	0.8059
4/6/2017 23:00	0.1772	4/9/2017 7:00	52.7850	4/11/2017 15:00	0.9617
4/6/2017 23:30	0.0785	4/9/2017 7:30	33.0937	4/11/2017 15:30	2.1749
4/7/2017 0:00	0.0478	4/9/2017 8:00	32.3230	4/11/2017 16:00	1.1045
4/7/2017 0:30	0.0531	4/9/2017 8:30	11.3156	4/11/2017 16:30	1.0008
4/7/2017 1:00	0.1319	4/9/2017 9:00	6.0092	4/11/2017 17:00	0.5912
4/7/2017 1:30	0.0949	4/9/2017 9:30	2.4419	4/11/2017 17:30	0.5481
4/7/2017 2:00	0.0877	4/9/2017 10:00	1.7675	4/11/2017 18:00	0.6952
4/7/2017 2:30	0.1310	4/9/2017 10:30	0.4120	4/11/2017 18:30	0.5416
4/7/2017 3:00	0.1561	4/9/2017 11:00	0.6340	4/11/2017 19:00	0.4784
4/7/2017 3:30	0.2070	4/9/2017 11:30	1.2339	4/11/2017 19:30	0.3009
4/7/2017 4:00	0.3061	4/9/2017 12:00	3.3408	4/11/2017 20:00	0.5502
4/7/2017 4:30	0.1432	4/9/2017 12:30	3.1263	4/11/2017 20:30	0.7614
4/7/2017 5:00	0.0780	4/9/2017 13:00	5.1209	4/11/2017 21:00	0.6848
4/7/2017 5:30	0.1994	4/9/2017 13:30	4.4833	4/11/2017 21:30	0.4734
4/7/2017 6:00	0.7447	4/9/2017 14:00	2.1373	4/11/2017 22:00	0.3538
4/7/2017 6:30	0.2117	4/9/2017 14:30	5.3028	4/11/2017 22:30	0.0906
4/7/2017 7:00	1.1396	4/9/2017 15:00	7.5797	4/11/2017 23:00	0.0954
4/7/2017 7:30	5.0261	4/9/2017 15:30	6.9146	4/11/2017 23:30	0.0863
4/7/2017 8:00	0.5111	4/9/2017 16:00	7.8612	4/12/2017 0:00	0.1522

L8.2 Result_Model (Hasil Pemodelan pada tanggal 11 – 17 Oktober 2017)

Date, time	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ SUF7	Date, time	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ SUF7	Date, time	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ SUF7
10/11/2017 0:30	0.002	10/13/2017 8:30	2.677	10/15/2017 16:30	5.025
10/11/2017 1:00	0.000	10/13/2017 9:00	4.765	10/15/2017 17:00	6.976
10/11/2017 1:30	0.000	10/13/2017 9:30	2.406	10/15/2017 17:30	4.830
10/11/2017 2:00	0.000	10/13/2017 10:00	2.446	10/15/2017 18:00	5.301
10/11/2017 2:30	0.508	10/13/2017 10:30	3.876	10/15/2017 18:30	4.021
10/11/2017 3:00	28.623	10/13/2017 11:00	3.202	10/15/2017 19:00	4.481
10/11/2017 3:30	27.451	10/13/2017 11:30	2.720	10/15/2017 19:30	1.147
10/11/2017 4:00	36.199	10/13/2017 12:00	5.142	10/15/2017 20:00	1.365
10/11/2017 4:30	21.960	10/13/2017 12:30	18.601	10/15/2017 20:30	1.270
10/11/2017 5:00	59.507	10/13/2017 13:00	10.195	10/15/2017 21:00	2.113
10/11/2017 5:30	56.285	10/13/2017 13:30	19.938	10/15/2017 21:30	0.444
10/11/2017 6:00	148.322	10/13/2017 14:00	12.427	10/15/2017 22:00	0.059
10/11/2017 6:30	387.912	10/13/2017 14:30	10.732	10/15/2017 22:30	0.001
10/11/2017 7:00	1125.789	10/13/2017 15:00	14.994	10/15/2017 23:00	0.018
10/11/2017 7:30	866.470	10/13/2017 15:30	10.026	10/15/2017 23:30	26.831
10/11/2017 8:00	772.466	10/13/2017 16:00	8.544	10/16/2017 0:00	28.742
10/11/2017 8:30	221.764	10/13/2017 16:30	10.430	10/16/2017 0:30	6.883
10/11/2017 9:00	0.289	10/13/2017 17:00	12.394	10/16/2017 1:00	3.763
10/11/2017 9:30	2.866	10/13/2017 17:30	14.312	10/16/2017 1:30	1.647
10/11/2017 10:00	4.050	10/13/2017 18:00	15.792	10/16/2017 2:00	5.347
10/11/2017 10:30	8.887	10/13/2017 18:30	6.890	10/16/2017 2:30	17.712
10/11/2017 11:00	9.698	10/13/2017 19:00	1.639	10/16/2017 3:00	23.402
10/11/2017 11:30	14.385	10/13/2017 19:30	1.656	10/16/2017 3:30	56.554
10/11/2017 12:00	13.496	10/13/2017 20:00	1.125	10/16/2017 4:00	56.944
10/11/2017 12:30	23.663	10/13/2017 20:30	0.213	10/16/2017 4:30	50.941
10/11/2017 13:00	24.030	10/13/2017 21:00	41.641	10/16/2017 5:00	13.858
10/11/2017 13:30	25.433	10/13/2017 21:30	687.783	10/16/2017 5:30	6.456
10/11/2017 14:00	20.922	10/13/2017 22:00	418.510	10/16/2017 6:00	103.441
10/11/2017 14:30	23.353	10/13/2017 22:30	107.298	10/16/2017 6:30	329.930
10/11/2017 15:00	25.182	10/13/2017 23:00	56.001	10/16/2017 7:00	1521.089
10/11/2017 15:30	17.374	10/13/2017 23:30	19.737	10/16/2017 7:30	938.253
10/11/2017 16:00	25.168	10/14/2017 0:00	0.450	10/16/2017 8:00	214.744
10/11/2017 16:30	21.851	10/14/2017 0:30	0.009	10/16/2017 8:30	0.000
10/11/2017 17:00	19.104	10/14/2017 1:00	0.382	10/16/2017 9:00	1.246
10/11/2017 17:30	25.263	10/14/2017 1:30	0.942	10/16/2017 9:30	0.000
10/11/2017 18:00	19.636	10/14/2017 2:00	3.652	10/16/2017 10:00	0.000
10/11/2017 18:30	19.305	10/14/2017 2:30	7.951	10/16/2017 10:30	4.142
10/11/2017 19:00	18.625	10/14/2017 3:00	12.312	10/16/2017 11:00	7.224
10/11/2017 19:30	13.621	10/14/2017 3:30	4.645	10/16/2017 11:30	0.000

Date, time	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ SUF7	Date, time	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ SUF7	Date, time	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ SUF7
10/11/2017 20:00	8.972	10/14/2017 4:00	13.058	10/16/2017 12:00	3.607
10/11/2017 20:30	9.018	10/14/2017 4:30	10.461	10/16/2017 12:30	0.000
10/11/2017 21:00	8.075	10/14/2017 5:00	9.972	10/16/2017 13:00	0.000
10/11/2017 21:30	5.614	10/14/2017 5:30	4.776	10/16/2017 13:30	0.000
10/11/2017 22:00	1.625	10/14/2017 6:00	23.397	10/16/2017 14:00	5.896
10/11/2017 22:30	0.376	10/14/2017 6:30	126.225	10/16/2017 14:30	2939.919
10/11/2017 23:00	0.291	10/14/2017 7:00	373.797	10/16/2017 15:00	40.058
10/11/2017 23:30	0.128	10/14/2017 7:30	491.472	10/16/2017 15:30	38.400
10/12/2017 0:00	0.014	10/14/2017 8:00	198.487	10/16/2017 16:00	18.074
10/12/2017 0:30	0.002	10/14/2017 8:30	358.612	10/16/2017 16:30	18.971
10/12/2017 1:00	0.000	10/14/2017 9:00	390.844	10/16/2017 17:00	515.944
10/12/2017 1:30	0.000	10/14/2017 9:30	151.756	10/16/2017 17:30	43.314
10/12/2017 2:00	0.464	10/14/2017 10:00	0.224	10/16/2017 18:00	45.430
10/12/2017 2:30	5.977	10/14/2017 10:30	0.000	10/16/2017 18:30	41.808
10/12/2017 3:00	10.424	10/14/2017 11:00	1.134	10/16/2017 19:00	0.396
10/12/2017 3:30	11.083	10/14/2017 11:30	0.724	10/16/2017 19:30	31.866
10/12/2017 4:00	18.359	10/14/2017 12:00	34.909	10/16/2017 20:00	585.678
10/12/2017 4:30	21.560	10/14/2017 12:30	0.397	10/16/2017 20:30	769.317
10/12/2017 5:00	34.210	10/14/2017 13:00	0.000	10/16/2017 21:00	137.810
10/12/2017 5:30	86.127	10/14/2017 13:30	0.000	10/16/2017 21:30	105.338
10/12/2017 6:00	313.348	10/14/2017 14:00	0.646	10/16/2017 22:00	134.601
10/12/2017 6:30	196.119	10/14/2017 14:30	5.015	10/16/2017 22:30	80.796
10/12/2017 7:00	151.040	10/14/2017 15:00	7.288	10/16/2017 23:00	48.874
10/12/2017 7:30	678.338	10/14/2017 15:30	2.889	10/16/2017 23:30	12.458
10/12/2017 8:00	0.914	10/14/2017 16:00	7.850	10/17/2017 0:00	4.149
10/12/2017 8:30	4.404	10/14/2017 16:30	5.888	10/17/2017 0:30	7.448
10/12/2017 9:00	10.370	10/14/2017 17:00	4.148	10/17/2017 1:00	4.211
10/12/2017 9:30	4.877	10/14/2017 17:30	5.785	10/17/2017 1:30	1.627
10/12/2017 10:00	9.474	10/14/2017 18:00	8.413	10/17/2017 2:00	6.353
10/12/2017 10:30	7.195	10/14/2017 18:30	7.499	10/17/2017 2:30	17.773
10/12/2017 11:00	7.440	10/14/2017 19:00	3.498	10/17/2017 3:00	18.614
10/12/2017 11:30	10.642	10/14/2017 19:30	2.320	10/17/2017 3:30	10.906
10/12/2017 12:00	12.547	10/14/2017 20:00	1.272	10/17/2017 4:00	6.435
10/12/2017 12:30	10.327	10/14/2017 20:30	0.827	10/17/2017 4:30	19.770
10/12/2017 13:00	10.980	10/14/2017 21:00	0.998	10/17/2017 5:00	19.514
10/12/2017 13:30	19.886	10/14/2017 21:30	0.376	10/17/2017 5:30	34.308
10/12/2017 14:00	18.965	10/14/2017 22:00	0.103	10/17/2017 6:00	30.244
10/12/2017 14:30	16.512	10/14/2017 22:30	0.574	10/17/2017 6:30	331.737
10/12/2017 15:00	21.546	10/14/2017 23:00	15.817	10/17/2017 7:00	1052.132
10/12/2017 15:30	19.545	10/14/2017 23:30	26.801	10/17/2017 7:30	224.958
10/12/2017 16:00	17.949	10/15/2017 0:00	6.586	10/17/2017 8:00	105.263

Date, time	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ SUF7	Date, time	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ SUF7	Date, time	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ SUF7
10/12/2017 16:30	15.410	10/15/2017 0:30	2.750	10/17/2017 8:30	1033.227
10/12/2017 17:00	13.282	10/15/2017 1:00	1.362	10/17/2017 9:00	991.125
10/12/2017 17:30	10.808	10/15/2017 1:30	0.862	10/17/2017 9:30	1217.865
10/12/2017 18:00	13.198	10/15/2017 2:00	1.553	10/17/2017 10:00	1737.722
10/12/2017 18:30	10.407	10/15/2017 2:30	5.032	10/17/2017 10:30	1625.332
10/12/2017 19:00	1.230	10/15/2017 3:00	3.887	10/17/2017 11:00	1343.428
10/12/2017 19:30	0.257	10/15/2017 3:30	0.686	10/17/2017 11:30	1760.352
10/12/2017 20:00	2.574	10/15/2017 4:00	2.223	10/17/2017 12:00	707.966
10/12/2017 20:30	1.385	10/15/2017 4:30	2.260	10/17/2017 12:30	965.777
10/12/2017 21:00	1.076	10/15/2017 5:00	2.710	10/17/2017 13:00	765.669
10/12/2017 21:30	0.529	10/15/2017 5:30	6.464	10/17/2017 13:30	2.327
10/12/2017 22:00	0.626	10/15/2017 6:00	17.008	10/17/2017 14:00	5.710
10/12/2017 22:30	0.120	10/15/2017 6:30	75.629	10/17/2017 14:30	5.323
10/12/2017 23:00	0.094	10/15/2017 7:00	202.288	10/17/2017 15:00	0.000
10/12/2017 23:30	0.025	10/15/2017 7:30	115.382	10/17/2017 15:30	4.625
10/13/2017 0:00	0.001	10/15/2017 8:00	0.094	10/17/2017 16:00	1.848
10/13/2017 0:30	1.037	10/15/2017 8:30	0.000	10/17/2017 16:30	12.168
10/13/2017 1:00	3.461	10/15/2017 9:00	0.000	10/17/2017 17:00	1219.422
10/13/2017 1:30	2.639	10/15/2017 9:30	6.070	10/17/2017 17:30	17.110
10/13/2017 2:00	3.056	10/15/2017 10:00	2.317	10/17/2017 18:00	2.295
10/13/2017 2:30	5.968	10/15/2017 10:30	15.808	10/17/2017 18:30	7.648
10/13/2017 3:00	4.337	10/15/2017 11:00	0.000	10/17/2017 19:00	8.073
10/13/2017 3:30	2.909	10/15/2017 11:30	0.193	10/17/2017 19:30	7.866
10/13/2017 4:00	4.629	10/15/2017 12:00	139.461	10/17/2017 20:00	3.556
10/13/2017 4:30	0.245	10/15/2017 12:30	0.000	10/17/2017 20:30	2.730
10/13/2017 5:00	0.559	10/15/2017 13:00	14.458	10/17/2017 21:00	1.303
10/13/2017 5:30	0.003	10/15/2017 13:30	7.295	10/17/2017 21:30	1.934
10/13/2017 6:00	0.132	10/15/2017 14:00	0.000	10/17/2017 22:00	0.800
10/13/2017 6:30	8.853	10/15/2017 14:30	1.186	10/17/2017 22:30	0.166
10/13/2017 7:00	106.494	10/15/2017 15:00	2.089	10/17/2017 23:00	10.951
10/13/2017 7:30	0.000	10/15/2017 15:30	1.763	10/17/2017 23:30	19.660
10/13/2017 8:00	2.734	10/15/2017 16:00	3.547	10/18/2017 0:00	5.614

LAMPIRAN 8

Data Terpilih Serta Hasil Perhitungan R dan RMSE
L9.1 Data Terpilih dari Hasil Pemodelan pada tanggal 5 – 11 April
2017

Date, time	Arah Angin	Estimasi Konsentrasi	Data SUF-7	$\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})}{\bar{y}} \frac{(\text{obs}_i - \text{obs})}{\text{obs}}$	$\sqrt{\frac{(y_i - \bar{y})^2}{(\text{obs}_i - \text{obs})^2}}$	$\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \text{obs}_i)^2}$
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$			
4/5/2017 0:30	289.22	5.862	29.939	9.679	93.687	579.705
4/5/2017 1:00	297.70	7.782	33.933	-1.541	2.374	683.852
4/5/2017 1:30	300.90	6.879	32.005	1.941	3.766	631.338
4/5/2017 2:00	287.90	9.158	29.081	0.141	0.020	396.924
4/5/2017 2:30	277.03	6.772	27.524	12.891	166.176	430.657
4/5/2017 3:00	287.96	5.269	31.151	6.642	44.110	669.865
4/5/2017 3:30	313.43	4.866	33.771	-4.020	16.160	835.528
4/5/2017 4:00	306.61	8.108	32.676	0.181	0.033	603.588
4/5/2017 4:30	288.02	8.493	32.541	0.212	0.045	578.300
4/5/2017 5:00	304.49	10.530	32.730	-0.150	0.023	492.824
4/5/2017 5:30	297.74	70.473	33.529	42.061	1769.155	1364.865
4/5/2017 6:00	310.22	62.734	33.269	22.829	521.183	868.211
4/5/2017 6:30	292.77	17.526	36.183	27.827	774.349	348.086
4/5/2017 7:00	205.91	0.989	48.196	-125.997	15875.361	2228.502
4/5/2017 7:30	196.78	23.505	46.727	198.684	39475.270	539.246
4/5/2017 8:00	198.28	3.962	47.008	-74.141	5496.919	1853.001
4/5/2017 8:30	196.26	2.151	65.226	-228.138	52046.763	3978.509
4/5/2017 9:00	191.62	1.837	55.973	-170.211	28971.889	2930.739
4/5/2017 9:30	177.48	0.510	45.335	-108.496	11771.478	2009.238
4/5/2017 22:30	122.74	0.002	31.596	11.461	131.350	998.196
4/5/2017 23:00	190.89	0.190	32.200	5.787	33.491	1024.666
4/5/2017 23:30	180.83	0.200	29.011	34.465	1187.868	830.051
4/6/2017 0:00	129.21	0.087	28.973	35.248	1242.392	834.424
4/6/2017 1:30	315.40	0.134	25.425	67.217	4518.131	639.653
4/6/2017 2:00	267.20	0.274	24.913	70.740	5004.146	607.058
4/6/2017 2:30	292.53	2.109	24.557	58.718	3447.802	503.926
4/6/2017 3:00	289.04	5.018	25.074	32.450	1052.995	402.227
4/6/2017 3:30	297.53	5.169	25.166	30.908	955.299	399.871
4/6/2017 4:00	288.99	3.062	24.520	51.045	2605.607	460.440
4/6/2017 4:30	318.50	0.016	25.266	69.549	4837.055	637.561
4/6/2017 5:00	243.71	0.474	26.369	56.457	3187.375	670.532
4/6/2017 6:00	294.76	38.502	29.752	-90.575	8203.761	76.563
4/6/2017 6:30	291.04	19.886	36.365	37.656	1417.997	271.559
4/6/2017 7:00	272.38	13.350	42.875	41.684	1737.573	871.701
4/6/2017 7:30	224.40	0.415	52.519	-172.764	29847.525	2714.807
4/6/2017 8:00	164.29	0.438	52.798	-174.755	30539.328	2741.550

Date, time	Arah Angin	Estimasi Konsentrasi	Data SUF-7	$\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})(\text{obs}_i - \text{obs})$	$\sqrt{\frac{(y_i - \bar{y})^2}{(\text{obs}_i - \text{obs})^2}}$	$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \text{obs}_i)^2$
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$			
4/6/2017 9:00	158.13	2.931	36.191	-20.976	439.984	1106.224
4/6/2017 12:00	122.55	7.663	28.352	6.880	47.334	428.019
4/6/2017 12:30	122.59	7.519	28.252	7.696	59.232	429.860
4/7/2017 5:30	133.89	0.199	25.885	62.591	3917.625	659.750
4/7/2017 6:30	171.79	0.212	26.620	55.903	3125.090	697.400
4/7/2017 7:00	195.04	1.140	26.292	52.770	2784.724	632.641
4/7/2017 7:30	204.05	5.026	26.389	26.907	724.004	456.373
4/7/2017 8:30	131.38	2.870	26.289	41.456	1718.575	548.458
4/7/2017 9:00	129.89	4.314	26.097	32.930	1084.360	474.507
4/8/2017 1:00	166.70	0.056	24.199	79.002	6241.317	582.908
4/8/2017 4:00	158.76	0.107	23.662	83.440	6962.300	554.853
4/8/2017 4:30	160.02	0.018	23.519	85.563	7321.043	552.277
4/8/2017 5:00	128.57	0.048	23.982	81.050	6569.042	572.824
4/8/2017 23:30	189.01	0.022	24.018	80.948	6552.599	575.786
4/9/2017 0:00	171.62	0.115	23.303	86.621	7503.240	537.670
4/9/2017 0:30	199.68	0.168	22.807	90.598	8208.071	512.535
4/9/2017 1:00	174.86	0.025	22.898	91.195	8316.437	523.165
4/9/2017 1:30	173.77	0.035	24.051	80.536	6486.100	576.775
4/9/2017 2:00	258.50	1.158	24.953	63.412	4021.139	566.202
4/9/2017 2:30	275.54	1.814	27.866	36.736	1349.524	678.720
4/9/2017 3:00	268.18	2.310	28.159	32.249	1039.978	668.170
4/9/2017 3:30	274.92	2.944	26.963	36.754	1350.823	576.891
4/9/2017 4:00	290.68	14.698	27.070	-31.766	1009.108	153.055
4/9/2017 4:30	296.00	15.016	26.717	-35.655	1271.275	136.911
4/9/2017 5:00	295.04	8.572	25.827	4.373	19.125	297.731
4/9/2017 5:30	305.94	101.313	25.059	-717.005	514096.814	5814.674
4/9/2017 6:00	286.27	56.177	24.945	-371.040	137670.776	975.431
4/9/2017 6:30	262.12	26.782	26.535	-110.930	12305.568	0.061
4/9/2017 7:00	233.30	52.785	35.920	134.143	17994.216	284.427
4/9/2017 7:30	221.33	33.094	42.853	239.231	57231.441	95.244
4/9/2017 8:00	206.62	32.323	39.111	144.973	21017.193	46.076
4/9/2017 8:30	202.11	11.316	31.723	-2.374	5.634	416.462
4/9/2017 9:00	199.61	6.009	29.636	10.217	104.390	558.227
4/9/2017 9:30	186.78	2.442	30.582	15.267	233.082	791.864
4/9/2017 10:00	195.43	1.767	28.363	33.274	1107.181	707.321
4/10/2017 0:00	281.89	7.682	31.844	1.511	2.283	583.780
4/10/2017 0:30	287.67	6.558	34.811	-5.192	26.955	798.237
4/10/2017 1:00	296.87	5.859	29.551	10.982	120.597	561.302
4/10/2017 1:30	287.26	4.806	26.035	29.881	892.869	450.665
4/10/2017 2:00	301.38	4.498	25.006	36.816	1355.389	420.596
4/10/2017 2:30	302.14	3.432	24.941	45.541	2074.005	462.641

Date, time	Arah Angin	Estimasi Konsentrasi	Data SUF-7	$\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}) (obs_i - \bar{obs})$	$\sqrt{(y_i - \bar{y})^2}$	$\sqrt{(obs_i - \bar{obs})^2}$	$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - obs_i)^2$
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$				
4/10/2017 3:00	287.69	2.831	25.303	47.985	2302.569		504.988
4/10/2017 3:30	290.82	4.865	26.653	26.804	718.465		474.719
4/10/2017 4:00	300.70	6.469	26.618	16.970	287.980		405.975
4/10/2017 4:30	284.00	2.263	26.731	42.370	1795.243		598.698
4/10/2017 5:00	266.36	0.948	27.618	43.092	1856.925		711.313
4/10/2017 5:30	275.42	38.917	30.522	-68.971	4757.060		70.475
4/10/2017 6:00	297.48	38.556	31.574	-37.247	1387.315		48.749
4/10/2017 6:30	277.27	28.425	33.099	4.930	24.309		21.851
4/10/2017 7:00	292.77	11.396	38.070	11.503	132.316		711.504
4/10/2017 7:30	312.12	8.650	39.691	-3.738	13.972		963.565
4/10/2017 8:00	299.68	6.144	45.011	-37.126	1378.343		1510.609
4/10/2017 8:30	346.19	0.335	45.901	-115.705	13387.719		2076.272
4/10/2017 9:00	182.68	0.184	41.291	-76.128	5795.541		1689.745
4/10/2017 11:30	131.67	5.974	28.279	14.702	216.147		497.517
4/11/2017 0:00	282.11	0.109	26.325	59.224	3507.528		687.299
4/11/2017 0:30	297.69	2.517	25.654	48.012	2305.129		535.340
4/11/2017 1:00	293.30	5.102	27.546	21.681	470.076		503.731
4/11/2017 1:30	298.05	2.637	26.003	44.858	2012.272		545.977
4/11/2017 2:00	288.46	1.787	25.209	56.553	3198.220		548.587
4/11/2017 2:30	275.06	1.730	25.353	55.912	3126.204		558.041
4/11/2017 3:00	279.87	1.475	31.445	10.791	116.440		898.229
4/11/2017 3:30	277.68	2.077	41.031	-58.291	3397.838		1517.434
4/11/2017 4:00	263.24	1.120	44.871	-97.136	9435.378		1914.156
4/11/2017 4:30	318.08	0.724	57.102	-205.507	42233.224		3178.453
4/11/2017 5:00	279.04	1.022	57.734	-203.453	41392.970		3216.267
4/11/2017 5:30	275.35	12.066	51.802	54.414	2960.905		1578.989
4/11/2017 6:00	301.76	9.411	47.242	3.102	9.624		1431.191
4/11/2017 6:30	294.04	20.423	46.374	151.928	23082.030		673.441
4/11/2017 7:00	288.15	29.747	46.969	290.321	84286.368		296.593
4/11/2017 7:30	278.69	11.436	47.291	32.366	1047.544		1285.612
4/11/2017 8:00	307.25	7.775	56.724	-33.928	1151.082		2396.024
4/11/2017 8:30	344.82	0.834	51.406	-155.222	24093.721		2557.550
4/11/2017 9:30	200.17	0.167	34.416	-14.206	201.811		1173.019
4/11/2017 10:00	179.97	0.650	32.198	5.508	30.338		995.247
4/11/2017 10:30	190.36	0.757	30.093	23.202	538.323		860.589
4/11/2017 11:00	161.25	0.472	28.049	41.816	1748.554		760.479
4/11/2017 11:30	305.72	9.003	29.576	0.630	0.397		423.267
Rata-rata		9.195	32.843	447.265	1396344.49		104213.134
R				0.378502073			
RMSE				29.71804422			

L9.2 Data Terpilih dari Hasil Pemodelan pada tanggal 11 – 17 Oktober 2017

Date, time	Arah Angin	Estimasi Konsentrasi	Data SUF-7	$\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}) (\text{obs}_i - \text{obs})$	$\sqrt{\frac{(y_i - \bar{y})^2}{(\text{obs}_i - \text{obs})^2}}$	$\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \text{obs})^2}$
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$			
4/5/2017 2:30	308.44	0.51	2.57	722.92	522614.56	4.26
4/5/2017 3:00	296.91	28.62	3.88	426.26	181693.75	612.03
4/5/2017 3:30	282.07	27.45	8.88	62.15	3862.26	344.82
4/5/2017 4:00	296.36	36.20	9.58	8.88	78.78	708.44
4/5/2017 4:30	296.50	21.96	8.74	78.25	6123.82	174.86
4/5/2017 5:00	302.33	59.51	9.72	-0.03	0.00	2478.79
4/5/2017 5:30	299.81	56.28	9.16	25.39	644.69	2220.85
4/5/2017 6:00	306.44	148.32	9.91	8.71	75.79	19159.34
4/5/2017 6:30	310.12	387.91	10.68	276.37	76381.06	142300.67
4/5/2017 7:30	298.92	866.47	15.53	4446.92	19775109.44	724094.56
4/5/2017 8:00	284.62	772.47	11.51	1198.39	1436142.32	579060.99
4/5/2017 8:30	260.30	221.76	6.83	-347.01	120415.31	46197.17
4/6/2017 2:00	235.45	0.46	3.58	621.41	386145.63	9.70
4/6/2017 2:30	271.42	5.98	31.69	-2102.39	4420044.82	660.98
4/6/2017 3:00	287.43	10.42	42.24	-2967.87	8808268.14	1012.36
4/6/2017 3:30	301.21	11.08	33.33	-2139.07	4575617.11	494.92
4/6/2017 4:00	304.41	18.36	16.90	-598.52	358229.69	2.12
4/6/2017 4:30	297.77	21.56	12.83	-249.61	62305.45	76.14
4/6/2017 5:00	299.14	34.21	11.28	-105.22	11070.77	525.90
4/6/2017 5:30	297.61	86.13	8.78	14.57	212.34	5982.31
4/6/2017 6:00	307.52	313.35	7.43	-483.81	234068.92	93584.21
4/6/2017 6:30	304.48	196.12	9.05	-63.22	3997.32	34995.07
4/6/2017 7:00	294.14	151.04	13.39	181.04	32775.07	18948.60
4/6/2017 7:30	280.90	678.34	18.44	5027.06	25271362.42	435470.63
4/6/2017 8:00	195.54	0.91	19.97	-1032.68	1066428.74	363.02
4/7/2017 0:30	287.67	1.04	3.30	645.59	416781.69	5.14
4/7/2017 1:00	273.69	3.46	3.40	620.94	385570.40	0.00
4/7/2017 1:30	278.79	2.64	5.15	452.73	204966.02	6.29
4/7/2017 2:00	257.22	3.06	9.44	27.02	729.98	40.81
4/7/2017 2:30	265.29	5.97	8.54	112.41	12635.28	6.64
4/7/2017 3:00	274.22	4.34	12.72	-292.27	85421.46	70.29
4/7/2017 3:30	264.35	2.91	29.67	-1970.98	3884780.66	716.38
4/7/2017 4:00	253.68	4.63	34.73	-2426.93	5890000.15	905.80
4/7/2017 4:30	190.97	0.25	23.68	-1416.66	2006923.61	549.43
4/7/2017 5:00	205.33	0.56	15.18	-552.67	305443.07	213.90
4/7/2017 6:30	354.29	8.85	15.83	-567.12	321621.37	48.65
4/7/2017 7:00	335.72	106.49	14.82	24.57	603.88	8404.20
4/7/2017 21:00	358.61	41.64	4.77	297.24	88353.40	1359.68
4/7/2017 21:30	343.25	687.78	3.05	-3909.76	15286259.81	468861.79
4/7/2017 22:00	307.11	418.51	3.48	-1975.97	3904471.46	172248.10

Date, time	Arah Angin	Estimasi Konsentrasi	Data SUF-7	$\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}) (\text{obs}_i - \text{obs})$	$\sqrt{\frac{(y_i - \bar{y})^2}{(\text{obs}_i - \text{obs})^2}}$	$\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \text{obs})^2}$
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$			
4/7/2017 22:30	280.32	107.30	3.40	-35.50	1260.59	10794.48
4/7/2017 23:00	269.83	56.00	5.99	170.26	28987.34	2501.01
4/7/2017 23:30	268.37	19.74	8.88	68.86	4741.60	117.92
4/8/2017 0:00	220.29	0.45	9.45	27.21	740.14	80.99
4/8/2017 1:00	337.03	0.38	18.34	-873.52	763042.72	322.55
4/8/2017 1:30	296.21	0.94	18.23	-857.51	735325.09	298.89
4/8/2017 2:00	301.54	3.65	13.70	-390.59	152557.06	101.02
4/8/2017 2:30	290.48	7.95	7.33	224.01	50180.81	0.39
4/8/2017 3:00	291.71	12.31	6.02	330.12	108978.84	39.54
4/8/2017 3:30	293.25	4.64	4.93	465.02	216247.55	0.08
4/8/2017 4:00	277.84	13.06	4.49	463.22	214573.50	73.38
4/8/2017 4:30	288.07	10.46	4.38	486.95	237116.05	36.98
4/8/2017 5:00	291.38	9.97	4.38	489.56	239667.42	31.27
4/8/2017 5:30	324.30	4.78	6.12	348.47	121433.32	1.81
4/8/2017 6:00	341.25	23.40	10.14	-32.84	1078.61	175.79
4/8/2017 6:30	334.14	126.22	8.05	-40.86	1669.95	13964.36
4/8/2017 7:00	309.69	373.80	6.99	-742.98	552026.34	134549.09
4/8/2017 7:30	325.89	491.47	7.97	-682.01	465133.66	233775.47
4/8/2017 8:00	328.08	198.49	8.50	-117.64	13838.80	36093.68
4/8/2017 8:30	298.53	358.61	5.67	-1039.34	1080226.95	124565.56
4/8/2017 9:00	273.08	390.84	4.47	-1518.23	2305017.49	149286.46
4/8/2017 9:30	274.42	151.76	3.66	-303.46	92089.74	21932.77
4/8/2017 12:00	354.29	34.91	6.06	243.99	59531.28	832.00
4/8/2017 22:30	248.21	0.57	4.37	540.84	292507.19	14.40
4/8/2017 23:00	272.05	15.82	3.84	504.33	254350.77	143.34
4/8/2017 23:30	291.94	26.80	3.15	491.81	241877.44	559.34
4/9/2017 0:00	280.25	6.59	2.81	656.86	431467.02	14.25
4/9/2017 0:30	287.52	2.75	2.53	711.54	506293.90	0.05
4/9/2017 1:00	276.41	1.36	2.29	744.76	554661.68	0.87
4/9/2017 1:30	279.81	0.86	2.40	737.74	544261.04	2.37
4/9/2017 2:00	267.57	1.55	4.31	541.68	293417.01	7.59
4/9/2017 2:30	274.02	5.03	5.64	393.69	154993.78	0.38
4/9/2017 3:00	278.56	3.89	8.58	111.72	12481.79	21.99
4/9/2017 3:30	260.61	0.69	15.69	-602.77	363337.36	225.04
4/9/2017 4:00	259.58	2.22	25.73	-1592.12	2534848.58	552.44
4/9/2017 4:30	273.74	2.26	35.79	-2591.67	6716744.86	1124.06
4/9/2017 5:00	265.47	2.71	34.75	-2477.61	6138555.95	1026.77
4/9/2017 5:30	260.59	6.46	35.32	-2437.70	5942371.66	832.71
4/9/2017 6:00	266.44	17.01	37.81	-2378.92	5659247.47	432.93
4/9/2017 6:30	310.75	75.63	40.88	-811.62	658720.07	1207.75
4/9/2017 7:00	302.00	202.29	38.86	2932.36	8598730.28	26707.53
4/9/2017 7:30	304.61	115.38	35.64	355.19	126157.42	6359.42

Date, time	Arah Angin	Estimasi Konsentrasi	Data SUF-7	$\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}) (\text{obs}_i - \text{obs})$	$\sqrt{\frac{(y_i - \bar{y})^2}{(\text{obs}_i - \text{obs})^2}}$	$\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \text{obs})^2}$
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$			
4/9/2017 8:00	189.26	0.09	34.60	-2527.35	6387486.46	1190.52
4/9/2017 10:00	360.42	2.32	12.28	-254.81	64929.70	99.31
4/9/2017 10:30	357.72	15.81	10.07	-30.02	900.90	32.95
4/9/2017 12:00	326.53	139.46	6.42	-124.71	15552.75	17700.51
4/9/2017 23:30	290.33	26.83	3.75	446.90	199717.56	532.84
4/10/2017 0:00	288.67	28.74	2.78	506.05	256086.62	674.04
4/10/2017 0:30	291.91	6.88	2.76	659.92	435490.09	17.03
4/10/2017 1:00	287.63	3.76	2.32	724.78	525300.01	2.09
4/10/2017 1:30	291.32	1.65	2.17	754.70	569566.65	0.28
4/10/2017 2:00	264.28	5.35	2.21	722.90	522580.59	9.82
4/10/2017 2:30	287.38	17.71	15.01	-444.31	197410.06	7.30
4/10/2017 3:00	285.57	23.40	19.05	-730.43	533530.48	18.94
4/10/2017 3:30	288.73	56.55	17.72	-361.10	130396.63	1507.98
4/10/2017 4:00	279.73	56.94	13.80	-182.72	33385.28	1861.13
4/10/2017 4:30	270.01	50.94	13.52	-192.72	37142.89	1400.55
4/10/2017 5:00	217.58	13.86	23.88	-1243.48	1546251.95	100.40
4/10/2017 5:30	208.24	6.46	21.84	-1154.14	1332032.93	236.64
4/10/2017 6:00	284.75	103.44	18.30	15.14	229.36	7248.39
4/10/2017 6:30	310.62	329.93	25.26	3548.32	12590548.97	92821.65
4/10/2017 7:30	266.56	938.25	24.09	12024.55	144589907.0	835690.50
4/10/2017 8:00	245.90	214.74	37.58	3150.21	9923792.08	31387.05
4/10/2017 15:00	190.16	40.06	5.90	235.19	55315.93	1166.65
4/10/2017 15:30	194.16	38.40	3.85	371.49	138002.13	1193.87
4/10/2017 17:00	214.27	515.94	5.74	-1649.10	2719518.72	260310.93
4/10/2017 17:30	191.84	43.31	6.29	200.20	40080.48	1370.92
4/10/2017 18:00	198.78	45.43	4.73	280.68	78782.22	1656.66
4/10/2017 18:30	202.50	41.81	3.63	364.62	132945.17	1457.67
4/10/2017 19:00	191.96	0.40	3.38	641.87	412002.61	8.91
4/10/2017 19:30	293.28	31.87	3.69	420.58	176884.41	793.66
4/10/2017 20:00	291.24	585.68	4.25	-2646.35	7003155.07	338057.27
4/10/2017 20:30	294.93	769.32	6.14	-2386.18	5693860.56	582432.10
4/10/2017 21:00	320.00	137.81	5.80	-141.69	20075.10	17427.49
4/10/2017 21:30	246.93	105.34	5.86	-14.14	199.96	9896.79
4/10/2017 22:00	275.10	134.60	5.91	-125.42	15730.09	16561.56
4/10/2017 22:30	303.42	80.80	5.85	80.71	6514.51	5616.42
4/10/2017 23:00	322.74	48.87	4.94	252.58	63795.90	1930.62
4/10/2017 23:30	342.27	12.46	4.66	450.97	203375.51	60.76
4/11/2017 0:00	330.19	4.15	4.16	541.89	293646.74	0.00
4/11/2017 0:30	313.44	7.45	3.79	558.70	312145.21	13.39
4/11/2017 1:00	298.86	4.21	3.40	615.56	378908.14	0.65
4/11/2017 1:30	319.53	1.63	3.15	657.11	431788.70	2.32
4/11/2017 2:00	297.85	6.35	2.84	655.79	430064.09	12.35

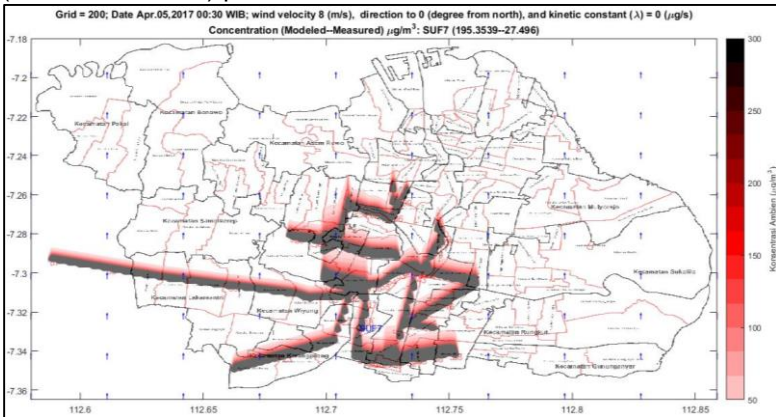
Date, time	Arah Angin	Estimasi Konsentrasi	Data SUF-7	$\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})(obs_i - obs)$	$\sqrt{\frac{(y_i - \bar{y})^2}{(obs_i - obs)^2}}$	$\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - obs)^2}$
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$			
4/11/2017 2:30	292.13	17.77	2.66	591.85	350287.03	228.26
4/11/2017 3:00	304.26	18.61	2.34	612.57	375236.31	264.72
4/11/2017 3:30	302.92	10.91	2.29	674.13	454453.75	74.20
4/11/2017 4:00	255.17	6.43	2.22	714.16	510019.21	17.76
4/11/2017 4:30	277.96	19.77	2.29	608.74	370564.49	305.68
4/11/2017 5:00	298.28	19.51	2.39	602.21	362658.93	293.28
4/11/2017 5:30	288.85	34.31	2.78	467.39	218454.10	993.99
4/11/2017 6:00	297.64	30.24	4.66	361.36	130584.19	654.56
4/11/2017 6:30	288.77	331.74	12.28	588.85	346741.79	102054.24
4/11/2017 7:30	297.09	224.96	10.62	111.27	12380.10	45940.33
4/11/2017 8:00	233.30	105.26	13.30	12.86	165.25	8456.41
4/11/2017 9:00	305.48	991.12	12.10	2113.81	4468191.14	958499.32
4/11/2017 12:00	245.15	707.97	3.67	-3669.96	13468613.09	496039.70
4/11/2017 12:30	295.08	965.78	3.16	-5663.62	32076572.61	926623.94
4/11/2017 13:00	328.66	765.67	3.09	-4400.11	19360952.79	581523.58
4/11/2017 17:30	188.75	17.11	6.54	268.52	72104.78	111.66
4/11/2017 23:00	220.17	10.95	5.09	419.51	175986.43	34.29
4/11/2017 23:30	282.99	19.66	12.52	-229.78	52797.09	50.98
4/12/2017 0:00	258.82	5.61	11.10	-132.62	17587.94	30.08
Rata-rata		101.677	9.718	8457.736	426276246.9	8892013.79
R				0.409645869		
RMSE				274.5105628		

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

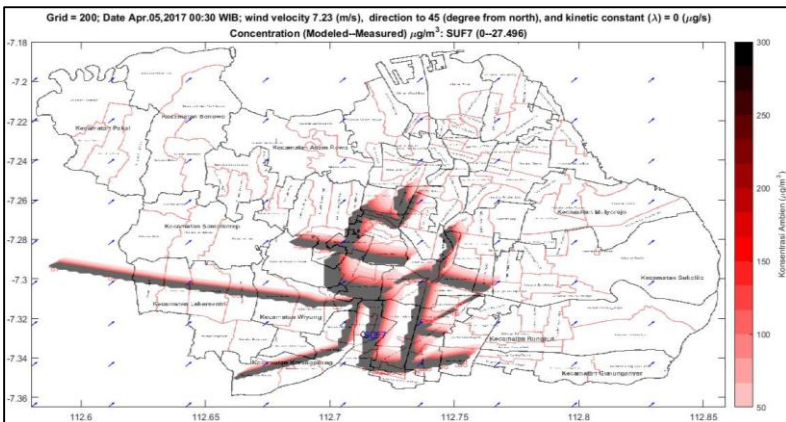
LAMPIRAN 9

Hasil Skenario Model

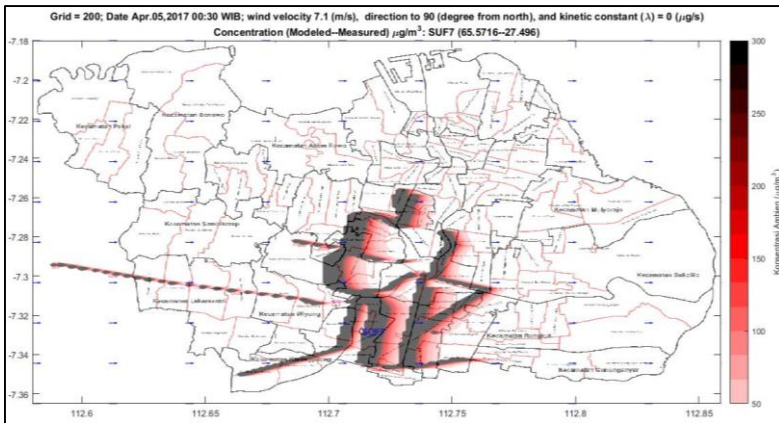
L10.1 Hasil Skenario Model dengan Kecepatan Angin Tertinggi (Skala Beaufort 5) pada Musim Kemarau



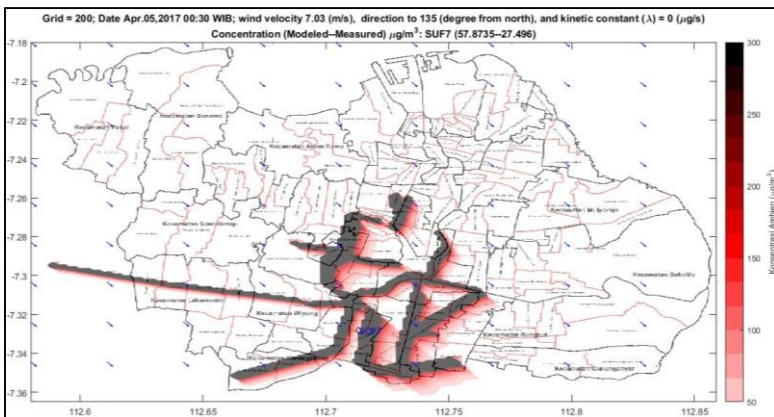
Keterangan: arah angin 0°, kecepatan angin 8 m/s



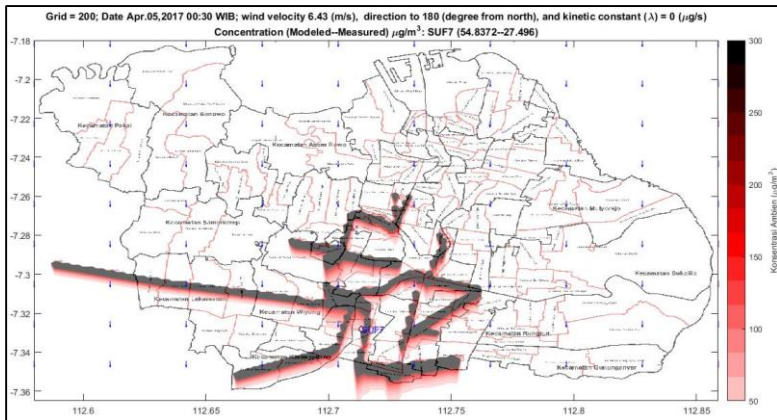
Keterangan: arah angin 45°, kecepatan angin 7,23 m/s



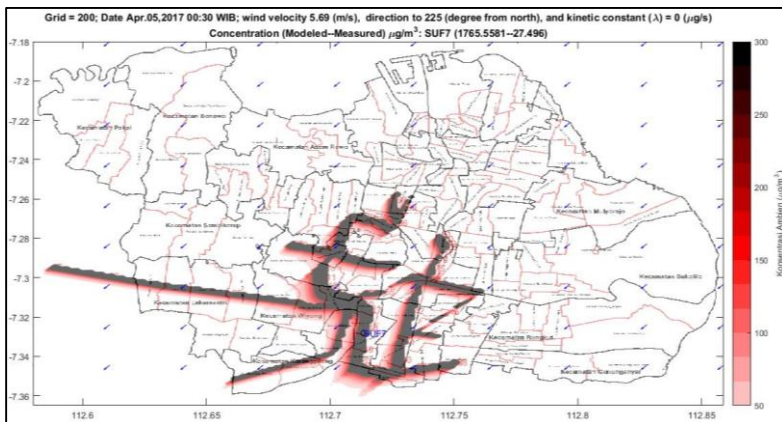
Keterangan: arah angin 90°, kecepatan angin 7,1 m/s



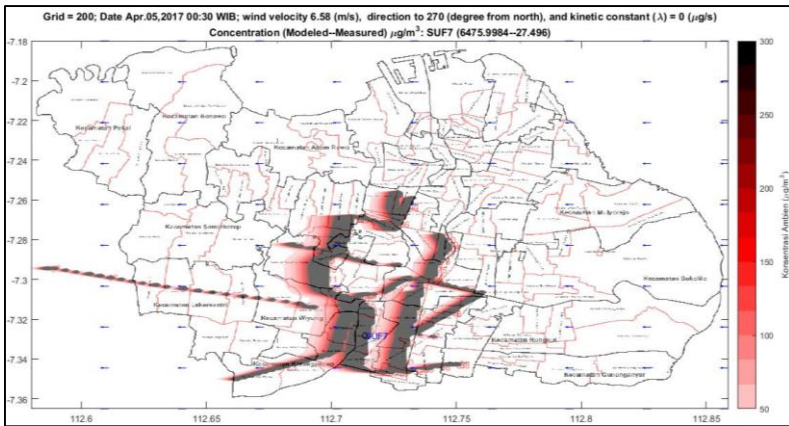
Keterangan: arah angin 135°, kecepatan angin 7,03 m/s



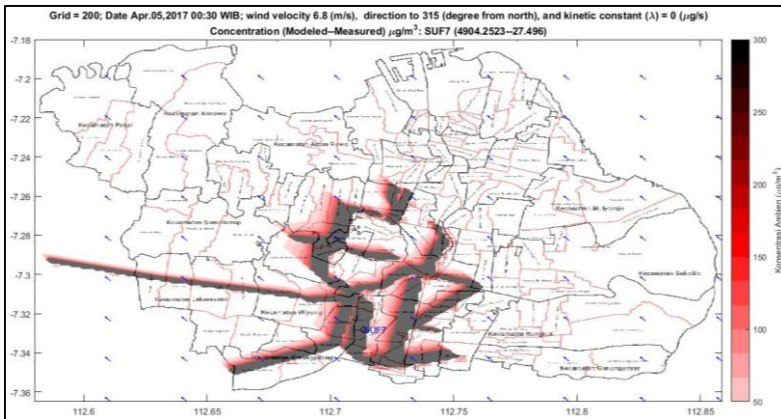
Keterangan: arah angin 180°, kecepatan angin 6,43 m/s



Keterangan: arah angin 225°, kecepatan angin 5,69 m/s

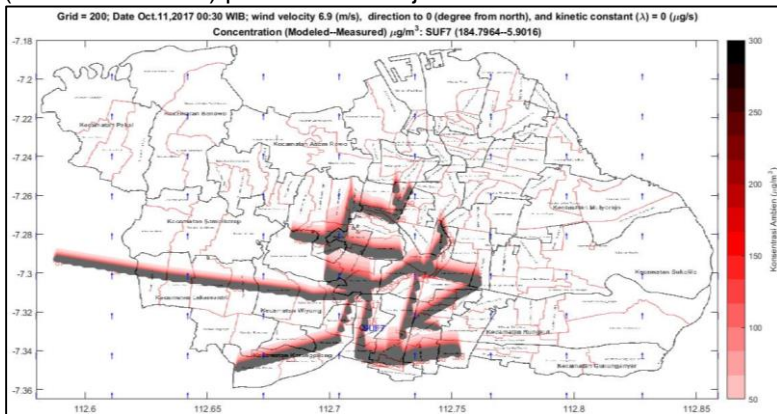


Keterangan: arah angin 270°, kecepatan angin 6,58 m/s

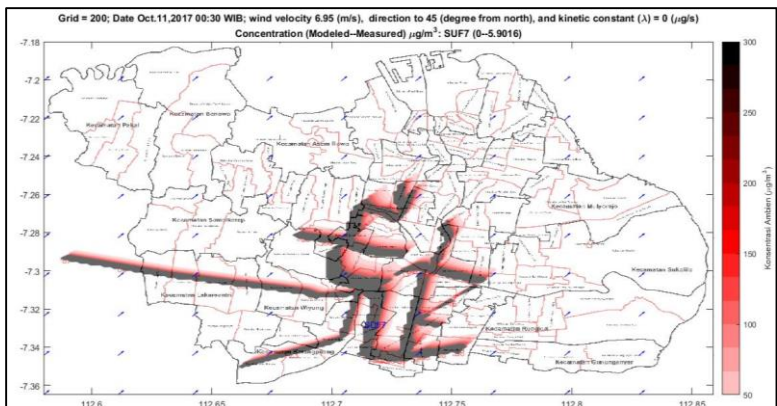


Keterangan: arah angin 315°, kecepatan angin 6,8 m/s

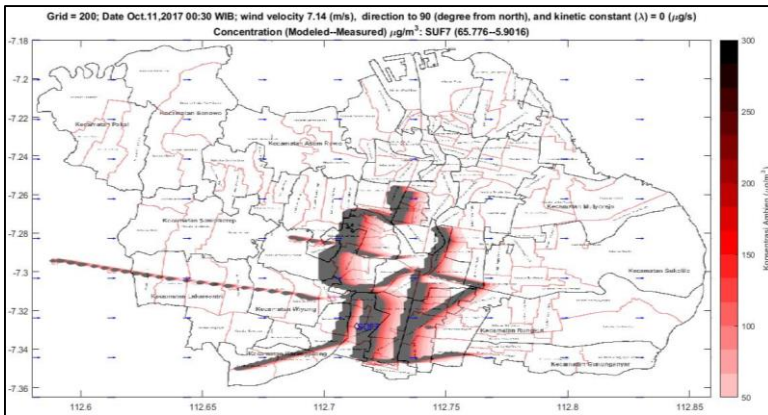
L10.2 Hasil Skenario Model dengan Kecepatan Angin Tertinggi (Skala Beaufort 5) pada Musim Hujan



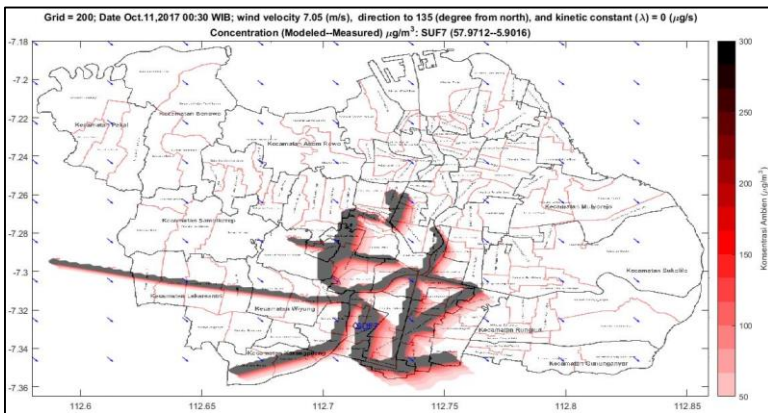
Keterangan: arah angin 0°, kecepatan angin 6,9 m/s



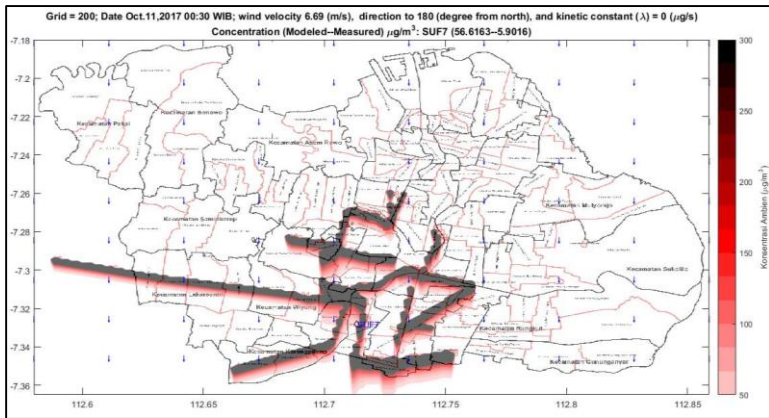
Keterangan: arah angin 45°, kecepatan angin 6,95 m/s



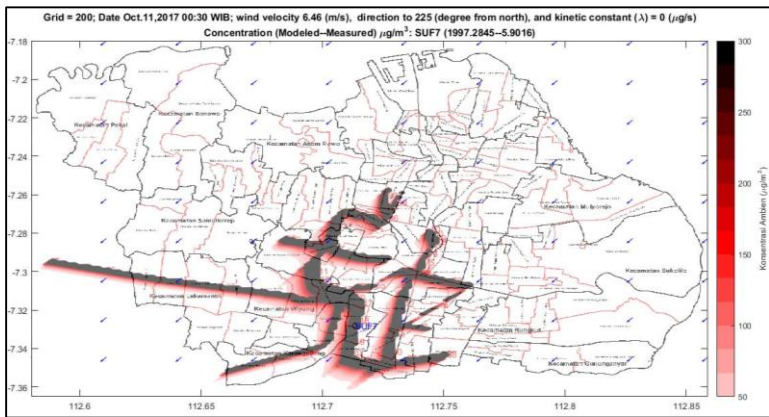
Keterangan: arah angin 90°, kecepatan angin 7,14 m/s



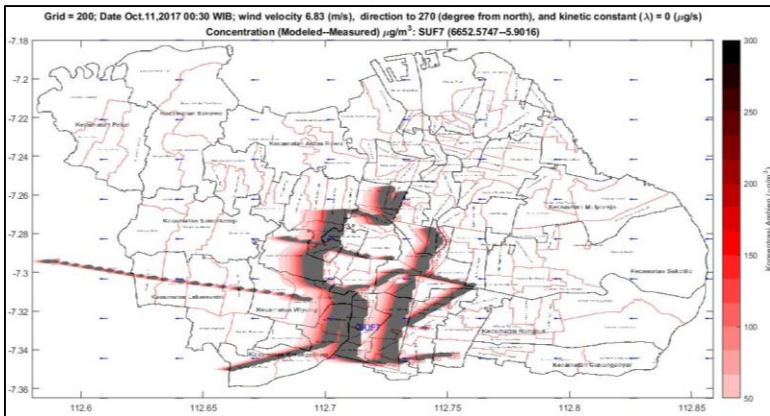
Keterangan: arah angin 135°, kecepatan angin 7,05 m/s



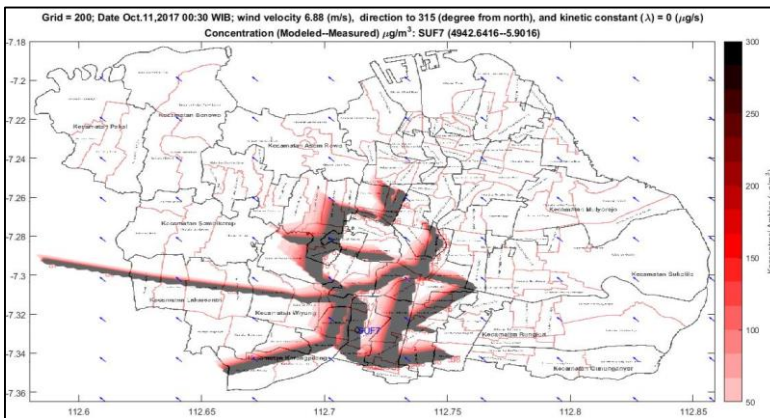
Keterangan: arah angin 180°, kecepatan angin 6,69 m/s



Keterangan: arah angin 225°, kecepatan angin 6,46 m/s



Keterangan: arah angin 270°, kecepatan angin 6,83 m/s



Keterangan: arah angin 315°, kecepatan angin 6,88 m/s

BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Pasuruan pada tanggal 3 Agustus 1996. Penulis memulai pendidikannya pada tahun di 2000-2002 TK PKK Desa Cowek Kecamatan Purwodadi, pendidikan dasar pada tahun 2002-2009 di SDN 01 Cowek, pendidikan tingkat menengah pertama di SMPN 1 Purwodadi pada tahun 2009-2012 dan pendidikan tingkat atas di SMAN 1 Lawang pada tahun 2012-2014. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan

S1 di Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan ITS Surabaya pada tahun 2014.

Selama masa perkuliahan penulis aktif sebagai panitia berbagai kegiatan Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL) dan panitia BEM Fakultas Teknik Sipil dan Kebumihan (FTSP) dan aktif sebagai asisten praktikum. Penulis pernah terlibat dalam kepengurusan BEM FTSP sebagai staf Kewirausahaan dan kepengurusan di Koperasi Mahasiswa ITS sebagai staff Personalia dan asisten bidang Personalia. Penulis memiliki pengalaman kerja di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya dan Tim Pelaksana Penelitian pada BPPU ITS. Penulis dapat dihubungi via email maulidailmi96@gmail.com.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”